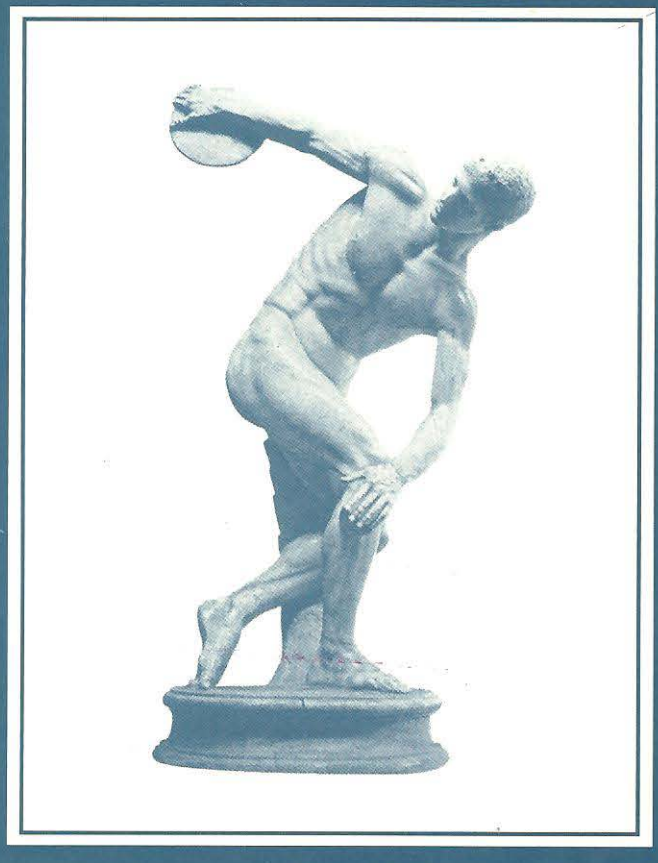
MIHAELA MARCU - LAPADAT



ANATOMIA OMULUI

EDITURA UNIVERSITĂȚII DIN BUCUREȘTI

CUPRINS

Capitolul I. SCURT ISTORIC AL ANATOMIEI ORGANIZAREA GENERALĂ A CORPULUI UMAN 1
SCURT ISTORIC AL EVOLUȚIEI ANATOMIEI 2
ORGANIZAREA GENERALĂ A CORPULUI UMAN 8
Segmentele corpului uman 11
Elementele de orientare ale corpului 12

Capitolul II. SISTEMUL NERVOS 14
ȚESUTUL NERVOS 15
Celulele gliale 15
Neuronii 17
Clasificarea neuronilor 21
Sinapsa 23
SISTEMUL NERVOS CENTRAL 24
Măduva spinării 24
Configurația externă a măduvei spinării 26
Structura internă a măduvei spinării 28
Căile sensibilității 32
Calea sensibilității exteroceptive 34
Căile sensibilității proprioceptive 36
Calea sensibilității interoceptive 38
Căile motilității 39
Calea sistemului piramidal 39
Calea sistemului extrapiramidal 40
Encefalul 43
Meningele cerebrale 44
Trunchiul cerebral 46
Bulbul rahidian 47
Puntea 48
Mezencefalul 48
Structura internă a trunchiului cerebral 49
a. Substanța cenușie 49
b. Substanța albă 55
Cerebelul 56
Diencefalul 57
Talamusul 57
Hipotalamusul 57
Epitalamusul 58
Metatalamusul 58
Emisferele cerebrale (telencefalul) 58
Ventriculii cerebrali 64
Bariera hemato-encefalică 66
Vascularizația encefalului 67

SISTEMUL NERVOS PERIFERIC 70
Nervii spinali 72
Nervii cranieni 77
SISTEMUL NERVOS VEGETATIV 85
Sistemul nervos simpatic 87
Sistemul nervos parasimpatic 90
Neurotransimțătorii 92
Reflexele 94

Capitolul III. ANALIZATORII 97
ANALIZATORUL CUTANAT 99
ANALIZATORUL ACUSTICO-VESTIBULAR 108
ANALIZATORII GUSTATIV ŞI OLFACTIV (CHEMORECEPȚIA) 117
Analizatorul gustativ 117
Analizatorul olfactiv 120
ANALIZATORUL VIZUAL 123

Capitolul IV. SISTEME LOCOMOTORII 134
SISTEMUL OSOS 134
Articulațiile 139
SISTEMUL MUSCULAR 144

Capitolul V. SISTEMUL ENDOCRIN 156
HIPOFIZA 159
Conexiunile hipotalamo-hipofizare 160
EPIFIZA (GLANDA PINEALĂ) 168
GLANDA TIROIDĂ 168
GLANDELE PARATIROIDE 171
GLANDELE SUPRARENALE 173
PANCREASUL 176
GONADELE 179

Capitolul VI. SISTEMUL CARDIO-VASCULAR 180
INIMA 180
Vascularizația inimii (circulația coronară) 187
Inervația inimii 187
SISTEMUL VASCULAR 189
Structura peretelui vascular 189
Capilarele 191
Mica circulație 195
Marea circulație 196
I. Sistemul arterial al marii circulații 197
Arcul aortic 199
Aorta descendentă 201
Ramurile aortei toracice 201
Ramurile aortei abdominale 202
Ramurile terminale ale aortei abdominale 203
II. Sistemul venos al marii circulații 204
a. Sistemul venei cave superioare 206
b. Sistemul venei cave inferioare 209

Capitolul VII. SISTEMUL RESPIRATOR 214
CĂILE RESPIRATORII 214
Cavitatea nazala 215
Sinusurile paranazale 217
Faringele 218
Laringele 219
Traheea 220
Bronhiile 221
PLĂMÂNII 221
Vascularizația plămânilor 225
Inervația plămânilor 226

Capitolul VIII. SISTEMUL DIGESTIV 227
STRUCTURA PERETELUI TUBULUI DIGESTIV 229
CAVITATEA BUCALĂ 231
GLANDELE SALIVARE 232
FARINGELE 233
ESOFAGUL 234
STOMACUL 234
INTESTINUL SUBȚIRE 237
INTESTINUL GROS 240
FICATUL 242
CĂILE BILIARE 245
PANCREASUL 246

Capitolul IX. SISTEMUL URINAR 249
RINICHIUL 249
CĂILE URINARE 258

Capitolul X. SISTEMUL GENITAL 262
SISTEMUL GENITAL MASCULIN 264
Gonada masculină 264
Calea spermatică 268
Glandele anexe 269
Penisul 269
SISTEMUL GENITAL FEMININ 272
Gonada feminină 271
Calea genitală 276
Vulva 278

CAPITOLUL I. SCURT ISTORIC AL ANATOMIEI ORGANIZAREA GENERALĂ A CORPULUI UMAN

Noi, oamenii, aparţinem speciei *Homo sapiens,* adică „omul care gândeşte". Fiinţa umană reprezintă *materie vie superior organizată* şi a ajuns la această treaptă a dezvoltării sale, nu numai sub influenţa factorilor biologici şi naturali (omul - fiinţă biologică), cât mai ales sub influenţa factorilor culturali şi sociali (omul - fiinţă socială).

Aristotel, unul din marii gânditori ai Antichităţii, a definit magistral, în urmă cu mai bine de două mii de ani, acest dublu aspect al fiinţei umane, prin sintagma *zoon politikon*!

Omul - fiinţă biologică este încadrat taxonomic în:

Regnul Animalia
Phylum Chordata
Subphylum Vertebrata
Clasa Mammalia
Ordinul Primates
Familia Hominidae
Genul *Homo*
Specia *sapiens*

Omul - fiinţă socială, cu dimensiunea sa culturală, are creierul cel mai dezvoltat din întreaga lume vie, fiind şi singurul organism de pe Terra cu limbaj articulat. Limbajul a apărut ca o necesitate de comunicare interumană. Cuvântul este un stimul complex, cu conţinut informaţional. Prin limbajul scris sau vorbit, s-au putut transmite de-a lungul generaţiilor cunoştinţe variate şi experienţe de viaţă care au stat la baza dezvoltării continue a civilizaţiei omeneşti. Astfel, fiecare nouă generaţie nu a mai fost nevoită să redescopere totul sau să repete greşelile trecutului. Oamenii trăiesc alături de semenii lor în comunităţi umane, cu reguli şi legi specifice, legile societăţii umane, care nu se suprapun întotdeauna fericit peste legile biologice. Fiecare nouă generaţie construieşte pe baza cunoştinţelor

înaintaşilor şi duce mai departe cunoaşterea umană. Astfel, orice ştiinţă modernă îşi are germenii în munca înaintaşilor, are o tradiţie care se perpetuează de la o generaţie la alta.

Anatomia omului este o ştiinţă biologică fundamentală, care se ocupă cu studiul formei şi structurii corpului uman. După definiţia marelui savant şi anatomist român, profesorul Francisc Rainer: "Anatomia este ştiinţa formei vii". Prin urmare, anatomia nu este o ştiinţă a pieselor moarte, ci este o ştiinţă a vieţii, în devenirea ei. Noi învăţăm anatomia după planşe şi mulaje, dar încercaţi să aveţi în permanenţă în minte, faptul că fiecare structură pe care o vom studia, face parte din organismul ca tot unitar, fomat din piese "asamblate", interdependente.

Pentru uşurinţa învăţării, noi studiem anatomia pe organe şi sisteme de organe, dar privind întotdeauna organul respectiv prin prisma întregului din care face parte.
Este *viziunea holistică* asupra anatomiei.

SCURT ISTORIC AL EVOLUŢIEI ANATOMIEI

Din cele mai vechi timpuri, oamenii au fost fascinaţi de cunoaşterea propriului corp (interes care sper că s-a păstrat şi la voi!) şi de legătura dintre corp şi suflet.

Evoluţia anatomiei a fost strâns legată de evoluţia practicii medicale. Cum practica medicală a stat secole de-a rândul sub semnul empiricului şi anatomia, ca ştiinţă, a fost în suferinţă din cauza metodelor de cercetare şi a concepţiilor filozofice ale timpurilor.

În evoluţia istorică a anatomiei se pot distinge două mari perioade: prima perioadă începe în Antichitate şi ţine până în epoca Renaşterii (secolele XIV - XVI) şi a doua perioadă, de la Renaştere până în zilele noastre.

PRIMA PERIOADĂ

Această îndelungată perioadă a stat sub semnul empiricului şi a multor concepte profund eronate asupra anatomiei umane, care s-au perpetuat secole de-a rândul.

Sumerienii şi **babilonienii** (recunoscuţi ca fiind reprezentanţii celor mai vechi civilizaţii omeneşti) plasau sediul sufletului la nivelul ficatului şi practicau metode divinatorii prin studiul acestuia.

Egiptenii, cu civilizaţia lor străveche de pe malurile Nilului, stăpâneau la perfecţie arta îmbălsămării şi mumificării şi astfel deţineau şi numeroase cunoştinţe anatomice exacte.

În papirusuri străvechi de mii de ani se găsesc descrieri ale circumvoluţiunilor cerebrale, meningelor cerebrale, ale nervilor şi date privitoare la practica medicală în oftalmologie, stomatologie şi mică chirurgie.

India şi **China** au constituit şi ele adevărate focare de civilizaţie în toate domeniile. Din cauza interzicerii disecţiilor nu aveau cunoştinţe clare de anatomie. Chinezii sunt însă creatorii *acupuncturii*, practică străveche, care reglează energiile corpului omenesc prin intermediul canalelor energetice de la suprafaţa tegumentului. Cu mii de ani în urmă, ei au intuit *aspectul energetic* al tuturor fiinţelor vii şi dimensiunea cosmică a omului. Indienii dezvoltă tehnici de *yoga,* lucrând prin controlul respiraţiei pe *prana* - aerul inspirat care conţine şi elemente cosmice.

Şcoala greacă a dat lumii mari gânditori, care nu erau numai medici ci şi matematicieni, astronomi şi filozofi. ***Hipocrate din Cos*** (secolul al IV-lea î.Hr) este considerat *părintele medicinei*. Cea mai importantă contribuţie a sa este probabil aceea că atribui bolilor cauze naturale şi nu răzbunări ale zeilor. Hipocrate credea că organismul uman este constituit din patru umori, iar echilibrul acestora determină starea de sănătate. Cele patru umori hipocratice sunt: *sângele* cu sediul în inimă, *bila galbenă* cu sediul în ficat, *bila neagră* cu sediul în splină şi *flegma* – pituita, cu sediul în creier. El este creatorul primei tipologizări umane - tipologia hipocratică. În funcţie de excesul uneia dintre umori, oamenii se împart în patru tipuri constituţionale: tipul sanguin, tipul coleric (chole = bilă), tipul melancolic şi tipul flegmatic. Cu toate că "umorile" lui Hipocrate nu concordă cu adevărul ştiinţific, el s-a dovedit a fi un fin psiholog, astfel încât tipologia sa, veche de mii de ani, este şi astăzi folosită, iar termenii de sanguin, coleric, melancolic şi flegmatic s-au păstrat în toate limbile moderne. Mai mult decât atât, el a intuit legătura dintre constituţie (soma) şi temperament, o concepţie foarte modernă astăzi şi, de asemenea,

coordonare funcțiilor organismului prin umori, adică coordonarea endocrină de astăzi.

Alt reprezentant strălucit al acestei şcoli a fost ***Aristotel*** (382 – 322 î.Ch), unul din discipolii lui Platon. El este considerat *părintele biologiei*, deoarece a elaborat prima clasificare a animalelor în lucrarea *Historia animalium*. Alte scrieri care i se atribuie sunt *De partibus animalium* şi *De generatione animalium*, care cuprind şi primele noțiuni de anatomie comparată şi embriologie. Cu toate că scrierile sale au influențat profund gândirea biologică secole de-a rândul, multe din teoriile sale privitoare la anatomia omului au fost greşite. Astfel, Aristotel a fost un adept al teoriei hipocratice a umorilor şi considera inima sediul gândirii, iar creierul, organul care răceşte sângele pompat de inimă.

Şcoala din Alexandria. În anul 332 î.Ch Alexandru cel Mare întemeiază oraşul Alexandria, capitala Egiptului în acele vremuri. Acest oraş devine un important centru de cultură, iar Biblioteca din Alexandria este considerată ca fiind cea mai mare bibliotecă a Antichității, care din păcate a fost distrusă în totalitate. Aici a luat ființă şi o importantă Şcoală de medicină, care a dat nume celebre de anatomişti. ***Herophilus*** a fost unul dintre discipolii lui Hipocrate şi a devenit profesor la Şcoala din Alexandria. El a lăsat descrieri exacte ale organelor de la nivelul capului (ochiul, meningele, emisferele cerebrale, cerebelul şi ventriculul al IV-lea) şi a diferitelor viscere şi a intuit legătura funcțională dintre măduva spinării şi encefal. ***Erasistratus*** considerat *părintele fiziologiei*, a fost interesat în special de modul de funcționare al organismului. A făcut observații asupra activității inimii, vaselor de sânge, ficatului şi encefalului. Multe din observațiile sale sunt eronate, el considera, spre exemplu, că ventriculul stâng al inimii conține aer care vine de la plămâni şi care circulă apoi prin artere.

Şcoala romană a preluat în mare măsură cunoştințele de anatomie de la şcoala greacă şi de la cea din Alexandria. ***Cornelius Celsus*** a lăsat o lucrare monumentală, scrisă în limba latină, care cuprinde opt volume, numită *De re medicina*. Aproape tot ce se ştie astăzi despre Şcoala de medicină din Alexandria i se datorează lui Celsus, lucrarea sa cuprinzând în mare măsură cunoştințele medicale ale acesteia. Cel mai ilustru reprezentat al şcolii romane este ***Claudius Galen*** din Pergam (secolul al II-lea d.Ch), care a fost şi medicul personal al împăratului Marc Aureliu. Lui i se atribuie peste 500 de cărți de

anatomie (dintre care s-au păstrat 83), care au constituit, secole de-a rândul, baza învățământului medical. Practicând vivisecția (disecția pe animale vii), el este primul care arată că arterele conțin sânge ca și venele, dar concepția sa asupra circulației sanguine a fost greșită. El a făcut prima clasificare a oaselor și articulațiilor, a introdus termenii anatomici de epifiză și diafiză, a descris nervii cranieni, corpul calos, ventriculii cerebrali, meningele cerebrale. Concepțiile lui Galen, dintre care multe eronate, au dominat medicina timp de 14 secole, până în epoca Renașterii. Este considerat cel mai mare anatomist al Antichității.

Evul mediu a însemnat, pentru dezvoltarea anatomiei ca știință, o perioadă de stagnare din cauza restricțiilor severe impuse de Biserică împotriva disecțiilor pe cadavre. Aceasta este caracteristica dezvoltării anatomiei în Europa, dar în ***țările arabe***, este perioada unei înfloriri fără precedent a științelor: matematica, geografia, astronomia și anatomia, deoarece școlile arabe au continuat tradițiile școlilor greacă și romană. Școala arabă îl are ca reprezentant de seamă pe Abu Ali Ib Sina, pe numele lui latin de ***Avicena*** (aproximativ secolul al X-lea). El este cel care plasează sediul gândirii în creier și descrie, de asemenea, numeroase boli psihice. A introdus în terminologia anatomică termeni precum: oase sesamoide, vene safene, bazilică și cefalică, care sunt de origine arabă și se păstrează și astăzi în nomenclatura anatomică.

În Evul mediu târziu, în Europa încep să apară universitățile ca lăcașe de cultură și care aveau și facultăți de medicină. Prima facultate de medicină din lume a fost înființată la Montpellier (Franța) în 1220. Începând cu această dată, facultățile de medicină s-au înmulțit, cele mai cunoscute fiind în Italia la Padova și Roma, la Praga și apoi în Anglia, la Cambridge și Oxford, care au rămas până astăzi centre de cultură.

A doua perioadă în evoluția anatomiei, începe odată cu Renașterea (secolele al XIV-lea - al XVI-lea). Mișcarea artistică declanșată în epoca Renașterii, începând cu reprezentanții ei iluștrii: Leonardo da Vinci, Michelangelo, Rafael, Tizian și Albert Dűrer, a pus bazele dezvoltării anatomiei moderne. Termenul de renaștere desemnează "*renașterea artei grecești și romane*" și pune în centrul fenomenului artistic corpul uman, frumusețea și armonia acestuia.

Leonardo da Vinci (1452 - 1519), considerat cel mai strălucit reprezentant al Renaşterii, a fost pictor, sculptor, muzician şi anatomist de geniu. El a disecat peste 30 de cadavre şi a lăsat 26 de caiete de desene anatomice, 14 volume de planşe anatomice, iar studiile pe care le-a făcut pentru tablourile sale, însumează peste 750 de desene de mare valoare artistică şi ştiinţifică.

Marii artişti ai Renaşterii au pus bazele *anatomiei ştiinţifice moderne*, care începe în secolul al XVI-lea, prin anatomistul belgian ***Andreas Vesalius*** (1514 - 1564), fondatorul anatomiei moderne. Acesta a studiat greaca şi latina şi apoi s-a înscris la Facultatea de Medicină de la Paris şi ulterior la cea din Padova, unde a fost numit profesor de anatomie la numai 25 de ani.

Vesalius aduce contribuţii ştiinţifice valoroase la cunoaşterea anatomiei şi combate multe dintre scrierile lui Galen, care constituiau baza studiului anatomiei în acea vreme, atrăgându-şi astfel oprobiul lumii ştiinţifice a timpului său. În 1543, publică la Basel lucrarea intitulată *De Humani Corporis Fabrica* în 7 volume, 600 de pagini şi 300 de planşe. El este primul care încearcă să dea anatomiei o interpretare funcţională şi nu pur descriptivă. A introdus în nomenclatura anatomică denumiri în limba latină, traducând unii termeni din limba greacă şi excluzând numeroşi termeni vechi de origine arabă.

SECOLELE XVII – XVIII

În aceste secole anatomia şi fiziologia cunosc o dezvoltare remarcabilă, datorită ridicării de către Biserică a interdicţiei disecţiilor. În multe universităţi din Europa se efectuau disecţii publice, în amfiteatre special amenajate. Cele mai importante contribuţii ale acestei perioade au fost descrierea circulaţiei sângelui (punându-se bazele fiziologiei ca ştiinţă) şi, de asemenea, inventarea microscopului. ***William Harvey***, medic englez, publică în 1628 lucrarea "Despre mişcarea inimii şi a sângelui la animale". El este considerat întemeietorul fiziologiei dar, din păcate, rezultatele cercetărilor sale au fost contestate timp de 20 de ani. Este primul care a descris circulaţia sângelui prin inimă, debitul cardiac, mica circulaţie şi rolul valvulelor venoase.

Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723), şlefuitor de lentile olandez, construieşte primul microscop cu o putere de mărire de 270 şi dezvoltă unele tehnici de includere a ţesuturilor. El a fost primul care a descris celulele sanguine, spermatozoizii, cristalinul şi muşchiul striat.

În 1661, ***Marcello Malpighi*** (1628-1694), anatomist italian, examinând la microscop plămânul de broască, descrie pentru prima dată capilarele sanguine, a căror existență fusese postulată de către Harvey. A lăsat, de asemenea, descrieri valoroase ale alveolelor pulmonare, splinei şi rinichiului. Malpighi este considerat *părintele histologiei.* Microscopul a însemnat un pas imens pentru dezvoltarea anatomiei şi a fiziologiei.

Şi alți anatomişti ai acestor secole au adus contribuții majore la cunoaşterea anatomiei. Anatomistul olandez *Regnier de Graaf* descrie structura ovarului, iar *Francis Glisson* descrie ficatul, stomacul şi intestinul subțire. *Thomas Willis* elaborează o lucrare valoroasă asupra sistemului nervos. Multe din structurile anatomice ale corpului uman poartă numele acestor anatomişti.

SECOLUL AL XIX-LEA

Majora contribuție a secolului al XIX-lea a fost elaborarea de către ***Matthias Schleiden*** şi ***Theodor Schwann*** a *teoriei celulare* - toate organismele vii sunt alcătuite din celule, la nivelul cărora se desfăşoară toate funcțiile viului: metabolismul, creşterea, dezvoltarea şi reproducerea.

Claude Bernard (1813-1878) este considerat *părintele fiziologiei experimentale*. În lucrarea sa "Introducere în studiul medicinei experimentale" publicată în 1865, el introduce *experimentul* ca metodă de cercetare în anatomie şi fiziologie. Claude Bernard este cel care introduce conceptul de "mediul intern" sau *marea noastră interioară*. Claude Bernard a efectuat şi studii aprofundate asupra funcției glicogenolitice şi glicogenetice a ficatului, sucului pancreatic şi asupra nervilor somatomotori.

Hermann von Helmholtz, fizician de marcă, fundamentează mecanismele fizice ale văzului şi auzului care sunt valabile şi astăzi, inventează oftalmoscopul şi defineşte ca principală sursă de căldură a organismului, contracția musculară.

Anatomia ca ştiință modernă, se naşte pe pământ românesc în secolul al XIX-lea, odată cu înființarea primelor şcoli de medicină. În 1842, doctorul ***Nicolae Kretzulescu*** înființează Şcoala de mică chirurgie, în timpul domniei lui Alexandru Ghica. El a militat pentru înființarea Facultății de Medicină din Bucureşti, alături de doctorul ***Carol Davila***. Acesta, francez de origine, a fost adus în țară pentru a organiza serviciul sanitar al armatei. Cei doi reuşesc în

1857 să înființeze Școala Națională de Medicină și Farmacie și apoi, în 1869, Facultatea de Medicină din București. Carol Davila a fost și acela care în 1860 înființează Grădina Botanică din Cotroceni.

Învățământul de anatomie din țara noastră a avut reprezentanți iluștrii, dintre care unii au fost fondatori de școală. Printre aceștia profesorii Gheorghe Polizu, Thoma Ionescu, Ernest Djuvara, Dimitrie Gerota, Gheorghe Marinescu, Nicolae Paulescu, Grigore Popa și nu în ultimul rând, marele savant și om de cultură Francisc Rainer, care a pus bazele interpretării funcționale a structurilor morfologice.

ORGANIZAREA GENERALĂ A CORPULUI UMAN

La temelia studiului corpului uman stau două științe biologice fundamentale: anatomia și fiziologia. Anatomia este știința care ca obiect de studiu forma și structura organismului, iar fiziologia, studiul funcțiilor părților componente ale organismului și a legăturilor dintre ele. Anatomia și fiziologia se completează reciproc, legătura dintre ele fiind foarte strânsă.

La baza studiului anatomiei și fiziologiei umane stau următoarele principii sau legi:

- ***principiul complementarității dintre structură și funcție*** potrivit căruia forma și structura organelor sunt strâns legate de funcțiile acestora. Orice modificare de structură induce modificări în funcția unui organ și, de asemenea, modificarea activității unui organ atrage după sine modificări în structura sa.

- ***principiul ierarhizării organizării structurale***. Corpul omenesc – sistem biologic - are mai multe nivele de organizare morfofuncțională. Fiecare nivel are propriile sale legi, care se subordonează legilor nivelului superior.

- *nivelul chimic* este constituit din diferite tipuri de atomi care se combină pentru a forma molecule complexe, care la rândul lor, formează subansambluri celulare - organitele celulare.

- *nivelul celular*. Celula este *unitatea de bază* structurală, funcțională și genetică a organismului. Celulele formează unitățile cele mai mici ale organismelor vii, la nivelul cărora au loc procese fundamentale: metabolismul, creşterea, dezvoltarea şi reproducerea. În organismul uman există peste 200 de tipuri diferite de celule. Fiecare tip de celulă este rezultatul exprimării preferențiale a acelor gene din genomul celular comun, care se leagă de funcția sa specializată. Bolile îşi au originea la nivel celular şi afectează celulele, indiferent de nivelul lor de manifestare (organism, sistem, organ sau țesut).

- *nivelul tisular*. Țesuturile sunt grupări de celule organizate în scopul efectuării unei anumite funcții. Cu toată marea varietate de celule din corpul nostru (peste 200), există *patru tipuri fundamentale* de țesut: epitelial, conjunctiv, muscular şi nervos, fiecare având o funcție caracteristică.

- *nivelul de organ*. Organul este o structură formată din cel puțin două tipuri de țesut, dar cele mai multe sunt constituite din cele 4 tipuri fundamentale. Organul este un centru funcțional ultraspecializat, îndeplinind o funcție specifică. Funcția unui organ se reflectă în forma şi structura sa. Termenul de *viscere* se foloseşte în general pentru a desemna organele interne, situate în cavitățile corpului.

- *sistemul de organe* reprezintă nivelul de organizare format din mai multe organe care lucrează coordonat, pentru îndeplinirea unei funcții comune şi specifice. În corpul nostru există mai multe sisteme de organe (sistemul osos, muscular, nervos, endocrin, cardiovascular, respirator, digestiv, excretor, reproducător)

- *nivelul de organism* reprezintă nivelul superior de organizare. Organismul este un tot unitar morfologic şi funcțional, care include toate celelalte nivele, care lucrează coordonat pentru menținerea vieții. Organismul, prin sistemele sale, îndeplineşte trei categorii de funcții principale: de relație, de nutriție şi de reproducere.

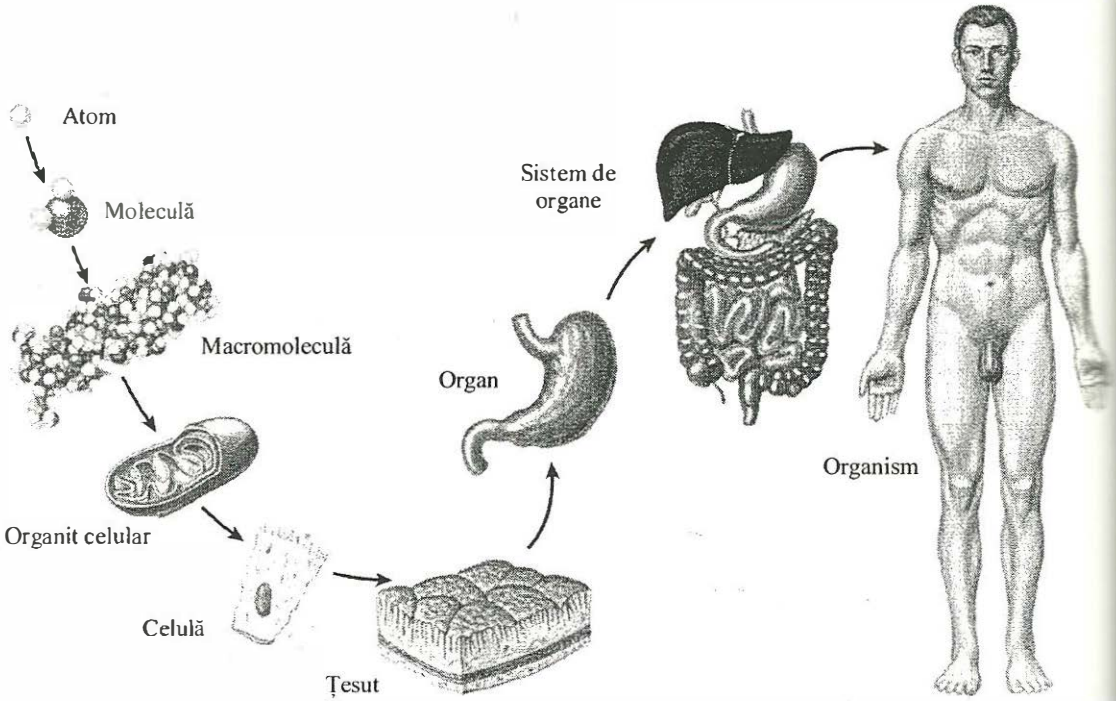


Figura 1.1. Nivele de organizare morfofuncțională ale organismului uman (după Van de Graaf, 2000).

Homeostazia. Miliardele de celule ale organismului uman, cu structuri şi funcţii înalt diferenţiate lucrează continuu şi coordonat, asigurând structura funcţională normală a ţesuturilor şi organelor şi constanţa mediului intern, indiferent de schimbările mediului extern.

În 1852, fiziologul francez Claude Bernard introduce termenul de mediul intern (marea noastră interioară) şi fundamentează conceptul *constanţei mediului intern*. Mediul intern este format din sânge, limfă şi lichid intercelular (interstiţial) şi îşi păstrează în limite constante compoziţia chimică, indiferent de schimbările mediului înconjurător. În 1932, Walter Cannon, în celebra sa lucrare "The Wisdom of the Body" introduce termenul de *homeostazie*, ca principiu de bază al anatomiei şi fiziologiei. Prin homeostazie se înţelege capacitatea organismului de a-şi menţine constantă compoziţia chimică şi proprietăţile fizice ale mediului intern, în pofida variaţiilor permanente ale mediului extern.

SEGMENTELE CORPULUI UMAN

Segmentele corpului uman sunt: capul, gâtul, trunchiul şi membrele superioare şi inferioare.

Capul şi ***gâtul*** reprezintă extremitatea cefalică. Capul este format din viscerocraniu (scheletul feţei) şi neurocraniu (cutia craniană).

Gâtul sau regiunea cervicală, leagă capul de trunchi. În regiunea anterioară se găsesc, pe lângă elemente somatice (muşchi, fascii şi osul hioid) şi organele gâtului: laringele, tiroida şi porţiunile superioare ale traheei şi esofagului. Regiunea posterioară a gâtului, numită şi *regiunea nucală*, este formată din vertebrele cervicale şi muşchii cefei.

Trunchiul cuprinde trei segmente: toracele, abdomenul şi pelvisul. În interiorul trunchiului se găsesc două cavităţi: *cavitatea posterioară* la nivelul căreia sunt adăpostite măduva spinării şi encefalul şi *cavitatea anterioară* (coelomul). Aceasta din urmă este formată din cavitatea toracică şi cavitatea abdomino-pelvină, separate prin muşchiul diafragm. În partea inferioară a cavităţii abdomino-pelvine se găseşte *diafragmul pelviperineal* sau *perineul*. Aceste cavităţi adăpostesc organele interne sau viscerele toracice, abdominale şi pelviene.

Membrele. Membrele sunt formate din *centuri*, care le leagă de trunchi şi din porţiunile libere, *membrele propriu-zise*. Membrul superior se leagă de trunchi prin *centura scapulară*, formată din omoplat şi claviculă. Partea liberă a membrului superior este formată din *braţ*, *antebraţ* şi *mână*. Membrele inferioare se leagă de trunchi prin *centurile pelvine*, formate din oasele coxale, care se articulează cu regiunea sacrală a coloanei vertebrale. Partea liberă a membrelor inferioare este formată tot din trei segmente: *coapsa*, *gamba* şi *piciorul*.

Planul de organizare al membrelor propriu-zise este similar la toate vertebratele tetrapode, inclusiv la om, fiind format din trei segmente, fiecare cuprinzând în general acelaşi număr de oase.

Soma sau partea somatică a corpului este formată din totalitatea formaţiunilor anatomice, cu excepţia viscerelor. *Viscerele* sunt organele interne ale corpului, adăpostite la nivelul cavităţilor acestuia.

ELEMENTELE DE ORIENTARE ALE CORPULUI

Poziția anatomică a corpului uman este *poziția de referință*, care face posibilă orientarea corectă a segmentelor şi organelor constitutive. Poziția anatomică desemnează corpul în poziție ortostatică sau verticală, caracteristică omului. Membrele superioare atârnă lângă trunchi, cu mâna în *supinație*, adică cu fața palmară orientată anterior. Membrele inferioare sunt lipite, cu picioarele în unghi drept pe gambe, iar genunchii şi coapsele extinse.

Corpul omenesc, construit pe principiul simetriei bilaterale, este un corp tridimensional, prezentând trei axe şi trei planuri spațiale principale.

Axele corpului uman sunt axul longitudinal, axul sagital şi axul transversal.

- *axul longitudinal* (axul înălțimii corpului) pleacă din creştetul capului (vertex) şi cade în centrul poligonului de susținere al corpului. Axul longitudinal este vertical şi prezintă doi poli: polul superior (cranial) şi polul inferior (caudal).
- *axul sagital* (axul grosimii corpului sau antero-posterior) are doi poli: polul anterior şi polul posterior.
- *axul transversal* (axul lățimii corpului) este orizontal şi are un pol drept şi un pol stâng.

Planurile sunt suprafețe imaginare care secționează corpul uman. Un plan anatomic trece prin câte două axe de orientare. Planurile sunt următoarele: planul sagital, planul frontal şi planul transversal (Fig. 1.2).

- *planul sagital* este dispus vertical şi trece prin axul longitudinal şi sagital. Planul sagital care trece prin mijlocul corpului (median), împărțindu-l în două jumătăți simetrice sau antimere, se numeşte *planul medio-sagital*. Este este planul simteriei bilaterale a corpului. Formațiunile corpului mai apropiate de acest plan se numesc *mediale,* iar cele mai depărtate se numesc *laterale*. De exemplu, ochiul este situat medial în raport cu urechea care este laterală. Toate celelalte planuri paralele cu planul medio-sagital se numesc *planuri parasagitale*.

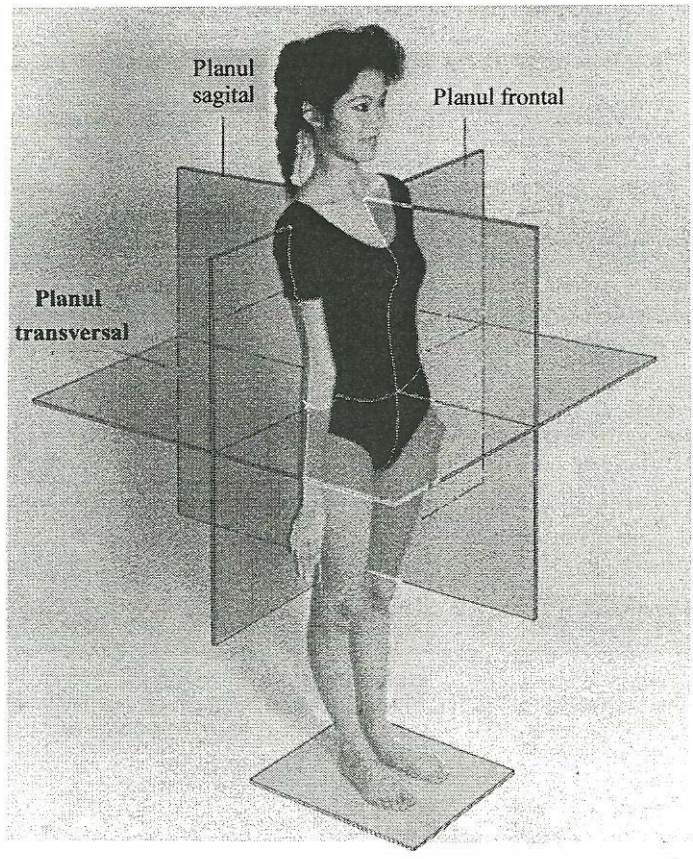


Figura 1.2. Axele şi planurile de orientare ale corpului uman (după Marieb, 1998).

- *planul frontal* este dispus paralel cu fruntea şi trece prin axul longitudinal şi transversal. Acest plan împarte corpul într-o parte anterioară (ventrală) şi o parte posterioară (dorsală).
- *planul transversal* este dispus orizontal şi trece prin axul sagital şi transversal. El împarte corpul într-o parte superioară (cranială) şi o parte inferioară (caudală). Planul transversal este numit şi planul metameriei corpului.

Există un număr infinit de planuri sagitale, frontale şi transversale, toate paralele între ele şi fiecare dintre ele perpendicular pe celelalte două. Fiecare organ al corpului îşi are propriile sale planuri şi faţă de ele putem orienta faţa anterioară sau posterioară, extremitatea superioară sau inferioară, faţa medială sau laterală.

CAPITOLUL II. **SISTEMUL NERVOS**

Sistemul nervos şi sistemul endocrin sunt cele două sisteme care asigură integrarea organismului în mediul înconjurător şi menţinerea constantă a compoziţiei mediului intern (homeostazia). Celule sistemului nervos comunică între ele prin semnale electrice, rapide şi specifice, determinând răspunsuri imediate, pe când sistemul endocrin reacţionează mai lent, prin intermediul hormonilor, care sunt mesageri chimici purtători de informaţie, eliberaţi în sânge sau limfă.

Sistemul nervos are trei funcţii principale: recepţia, integrarea şi elaborarea răspunsurilor adecvate. Datorită milioanelor de **receptori** (*exteroreceptori* care culeg informaţiile din mediu extern; *proprioreceptori* care culeg informaţii de la muşchi, tendoane şi articulaţii; *interoreceptori*-visceroreceptori care culeg stimulii de la nivelul viscerelor), mediul extern şi intern se proiectează, în final. prin intermediul **căilor ascendente**, pe scoarţa cerebrală. **Scoarţa cerebrală** este **organul central de integrare** al tuturor informaţiilor. Ea analizează. sintetizează informaţiile primite şi elaborează răspunsuri adecvate, care ajung prin intermediul **căilor descendente** la **organele efectoare** (muşchi şi glande).

Funcţional sistemul nervos este un tot unitar, dar poate fi împărţit în: sistemul nervos somatic şi sistemul nervos vegetativ.

Sistemul nervos somatic (de relaţie cu mediul extern) asigură legătura dintre organism şi mediul său de viaţă. Din punct de vedere anatomic, structural, el este format din: **sistemul nervos central** (SNC) sau axul cerebrospinal, alcătuit din măduva spinării şi encefal şi din **sistemul nervos periferic** (SNP), alcătuit din nervii spinali şi cranieni şi din ganglionii nervoşi de pe traiectul lor.

Sistemul nervos vegetativ reglează activitatea organelor interne. Este format din **sistem nervos simpatic** şi **sistem nervos parasimpatic**. Fiecare cuprinde o *porţiune centrală*, dispusă la nivelul axului cerebrospinal şi o *porţiune periferică*, formată din ganglioni şi nervi vegetativi.

ȚESUTUL NERVOS

Țesutul nervos este format din două tipuri de celule: celulele gliale şi neuronii, cu origine comună ectodermală.

CELULELE GLIALE

Celule gliale sunt celule neexcitabile, de dimensiuni mici şi mult mai numeroase decât neuronii, raportul acceptat astăzi fiind de 50 de celule gliale per neuron. Celulele gliale sunt celule mitotice, având rol trofic, de protecție şi de control metabolic al neuronilor. Ele asigură, de asemenea, izolarea neuronilor astfel încât activitățile electrice ale acestora să nu interfereze. Între celulele gliale nu există contacte sinaptice ci joncțiuni comunicante (gap-jonctions). Celulele gliale sunt de două tipuri: **nevrogliile** - celule gliale de la nivelul axului cerebrospinal, care constituie jumătate din masa creierului şi dau fermitate acestuia şi **celulele gliale din sistemul nervos periferic**.

Nevrogliile sunt de patru tipuri (Fig. 2.1):

- **Astrocitele** sunt celule de mari dimensiuni, în formă de stea, fiind şi cele mai numeroase nevroglii. Ele prezintă numeroase prelungiri – pediceli vasculari- care ancorează neuronii de capilarele sanguine, participând la schimburile dintre aceştia şi sânge. Astrocitele se comportă ca o barieră fiziologică (bariera hemato-encefalică) care nu permite trecerea din sânge în țesutul nervos a unor substanțe nocive. Ele controlează astfel mediul chimic din jurul neuronilor şi sunt implicate în răspunsurile imune ale țesutului nervos.

- **Microgliile** sunt celule de dimensiuni mici, cu ramificații bogate. Ele sunt un tip special de macrofage, care protejează neuronii de agenții patogeni şi de acumularea de resturi celulare, având rol fagocitar.

- **Celulele ependimare** sunt celule cu aspecte diferite de la scvamoase, turtite, până la celule columnare. La polul apical prezintă numeroşi cili vibratili. Celulele ependimare se găsesc la nivelul ventriculilor cerebrali şi ai canalului ependimar, contribuind şi ele la formarea barierei hemato-encefalice.

- **Oligodendrocitele** sunt celule cu prelungiri puține, care formează teaca de mielină a fibrelor nervoase de la nivelul sistemului nervos central.

Celule gliale de la nivelul sistemului nervos periferic sunt:

- **Celulele satelite** se găsesc la nivelul ganglionilor nervoşi, unde formează capsule în jurul neuronilor şi au rol de protecție şi de control al mediul chimic al acestora.

- **Celulele Schwann** sunt dispuse în jurul fibrelor nervoase periferice, formând teci: teaca de mielină şi teaca Schwann. Teaca de mielină rezultă din înfăşurarea membranei plasmatice a celulelor Schwann în jurul axonului. Celulele Schwann au rol major în conducerea impulsului nervos şi în regenerarea nervoasă periferică.

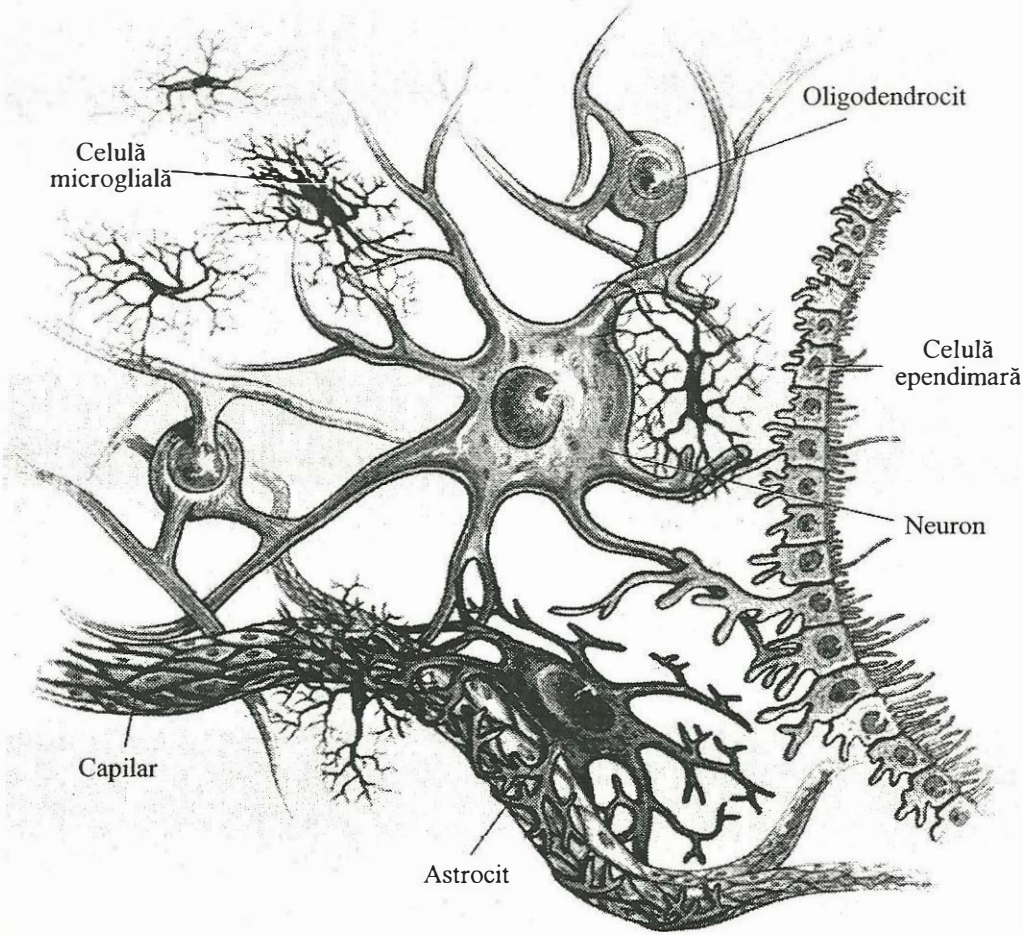


Figura 2.1. Tipuri de nevroglii din sistemul nervos central
(după Van De Graaff, 2000).

NEURONII

Neuronii sunt celule înalt specializate, care au capacitatea de a genera şi conduce semnale de natură electrochimică - *impulsurile nervoase*. Neuronii au unele particularităţi care îi diferenţiază net de alte tipuri celulare: (1) sunt celule amitotice, care şi-au pierdut capacitatea de a se divide, (2) sunt celule extrem de longevive, putând funcţiona optim toată viaţa şi (3) au o rată metabolică înaltă, necesitând un aport continuu de oxigen şi glucoză fără de care în 3 minute mor.

Neuronii se disting printr-o mare varietate de forme şi dimensiuni, dar indiferent de tipul lor, sunt formaţi din *corp celular* şi *prelungiri* (Fig. 2.2).

Corpul celular (**soma** sau **pericarionul**) poate avea forme diferite (stelată, piramidală, granulară) şi este centrul metabolic şi de sinteză al neuronului. Prezintă toate organitele celulare comune şi altor celule cu excepţia centrolilor şi, de asemenea, conţine organite specifice: *neurofibrilele* şi *corpusculii Nissl*.

Prelungirile celulare constituie caracteristica morfologică a neuronilor şi sunt: *dendritele* şi *axonul*.

Dendritele (*dendros (lat)* = copac) sunt de obicei numeroase, scurte şi bogat ramificate. Ele asigură o arie vastă *de contact* (cu alţi neuroni sau cu celule epiteliale specializate) şi *de recepţie* a semnalelor, pe care le conduc la corpul celular (centripet). Conţin toate organitele celulare întâlnite la nivelul corpului celular. Ramificaţiile dendritice prezintă *spinii dendritici* la locul de contact (sinapsă) cu alte structuri.

Axonul este o prelungire unică şi mai lungă, de la câţiva microni până la 1 m şi poate varia în diametru. Axonul conduce impulsurile nervoase de la corpul celular spre capătul său terminal (centrifug). Impulsul nervos circulă deci intr-un singur sens la nivelul neuronului: dendrite – corp celular – axon. Axonul începe la nivelul *conului axonal* şi de-a lungul său se pot desprinde, în unghi drept, *ramuri colaterale* scurte. Porţiunea terminală (distală) a axonului este bogat ramificată, constituind *arborizaţia terminală* (~ 10 000 de ramificaţii). Fiecare din aceste ramificaţii poate veni în contact cu celule diferite (neuroni sau celule efectoare), printr-o porţiune dilatată numită *buton terminal*, la nivelul sinapselor. Butonii terminali conţin vezicule cu *mediatori chimici* sau

BIBLIOTECA

neurotransmiţători (de exemplu, acetilcolina şi noradrenalina la nivelul sistemului nervos periferic şi dopamina şi GABA la nivel central).

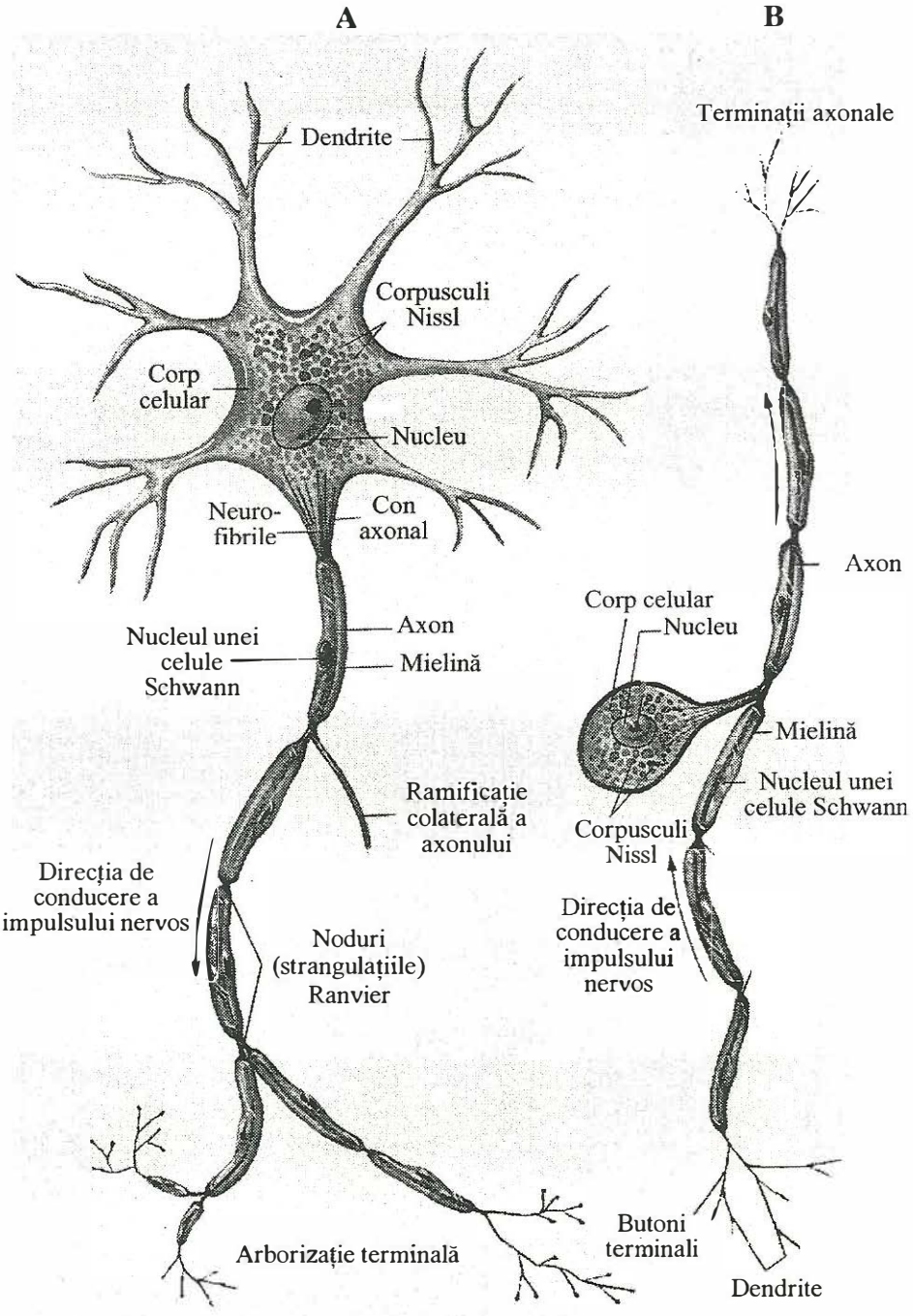


Figura 2.2. Alcătuirea neuronului. Un neuron motor transmite impulsurile de la creier sau măduvă spre periferie; B. Un neuron pseudounipolar (senzitiv) transmite impulsurile de la periferie spre măduvă sau creier (după Van De Graaff, 2000).

Axonul prezintă la suprafață *axolema*, continuare a membranei plasmatice a corpului celular, iar în interior se găseşte *axoplasma*. Aceasta conține neurofibrile, microtubuli şi numeroase mitocondrii. Nu conține corpusculi Nissl.

În sistemul nervos central, axonii sunt înconjurați de oligodendrocite, iar în sistemul nervos periferic, de celulele Schwann. Ambele tipuri de celule gliale pot contribui la formarea tecii de mielină, care are rol de protecție şi de izolator electric. Fibrele care prezintă teacă de mielină se numesc *fibre mielinizate*, iar cele fără teacă, *fibre nemielinizate* (amielinice). Teaca de mielină este de natură lipoproteică şi conferă culoarea albă țesutului nervos.

Fibra mielinizată periferică intră în alcătuirea nervilor şi este formată dintr-un axon învelit în trei teci, care de la interior spre exterior sunt: teaca de mielină, teaca Schwann şi teaca Henle, de natură conjunctivă (Fig. 2.3,e).

Teaca de mielină înfăşoară axonul, venind în contact direct cu axolema. Membrana plasmatică a celulelor Schwann se rulează sub forma unor straturi concentrice în jurul axonului, formând teaca de mielină. Teaca de mielină este discontinuă, întreruptă la limita dintre două celule Schwann consecutive de *nodurile* (strangulațiile) *Ranvier*. Acestea sunt foarte importante în procesul de conducere de tip saltatoriu al impulsurilor nervoase (Fig. 2.3, a-d).

Teaca Schwann (neurilema) este formată din celulele Schwann, dispuse moniliform (ca mărgelele) de-a lungul axonului, fiind separate între ele prin strangulațiile Ranvier. Această teacă este prezentă şi în fibrele amielinice, în acest caz fiind continuă.

Teaca Henle se găseşte la periferia tecii Schwann şi este de natură conjunctivă, cu rol protector.

Fibra nemielinizată periferică. Nu toate fibrele nervoase periferice prezintă teacă de mielină, acestea fiind numite *fibre amielinice*. Au diametre mai mici şi sunt acoperite de o teacă Schwann (fără formarea tecii de mielină) care este continuă şi comună mai multor axoni. În acest caz, fiecare celulă Schwann adăposteşte mai mulți axoni, care se invaginează în şanțurile săpate la suprafața acesteia (Fig. 2.3, f).

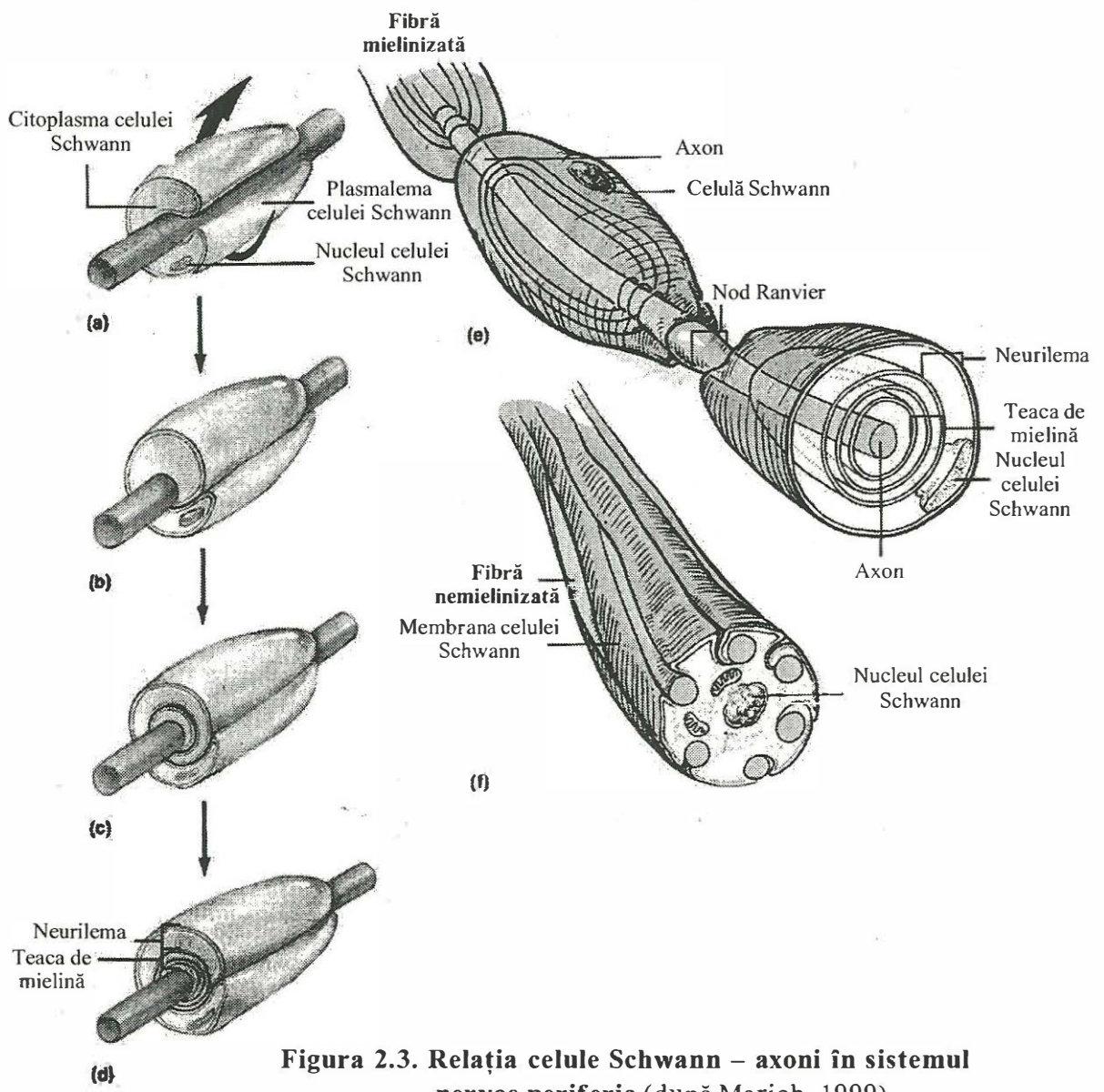


Figura 2.3. Relația celule Schwann – axoni în sistemul nervos periferic (după Marieb, 1999).

Fibrele nervoase centrale. La nivelul sistemului nervos central se găsesc atât axoni mielinizați cât şi axoni nemielinizați. La acest nivel, oligodendrocitele sunt cele care formează teaca de mielină. O singură oligodendrocită se poate înfăşura în jurul mai multor axoni. Fibrele mielinizate formează *substanța albă* la nivelul măduvei spinării şi encefalului, iar fibrele amielinice se găsesc exclusiv în substanța cenuşie.

CLASIFICAREA NEURONILOR

Neuronii pot fi clasificați din punct de vedere structural şi funcțional.

Clasificarea structurală se realizează în funcție de numărul de prelungiri neuronale:

- **neuronii pseudounipolari** (unipolari) prezintă o singură prelungire scurtă, care părăseşte corpul celular şi se divide în formă de T, într-o *prelungire dendritică* (de tip axonic) care merge la receptorii periferici şi o *prelungire centrală axonală* care pătrunde în măduva spinării sau în trunchiul cerebral (Fig. 2.2, B). Neuronii pseudounipolari se găsesc la nivelul ganglionilor spinali de pe traiectul rădăcinii posterioare a nervilor spinali şi în ganglionii de pe traiectul unor nervi cranieni.
- **neuronii bipolari** prezintă două prelungiri, o dendrită şi un axon care se formează la polii opuşi ai pericarionului. Acest tip de neuroni se găsesc la nivelul retinei, mucoasei olfactive şi în ganglionii Corti şi Scarpa din urechea internă.
- **neuronii multipolari** prezintă mai multe prelungiri neuronale, dintre care una axonică. Sunt cei mai numeroşi neuroni şi se găsesc cu precădere la nivelul sistemului nervos central.

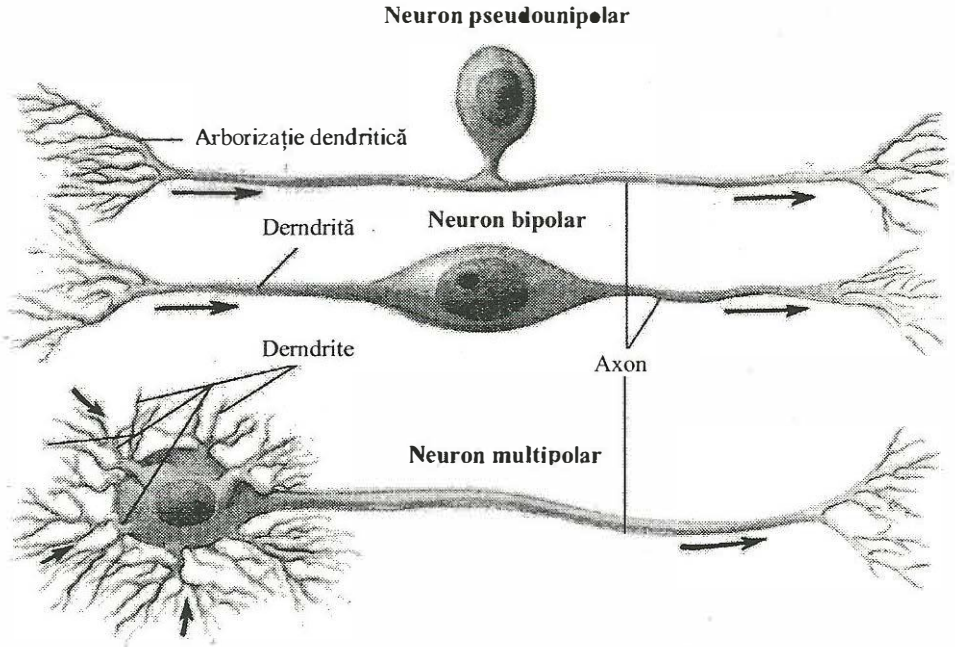


Figura 2.4. Tipuri structurale de neuroni (după Van De Graaf, 2000).

Clasificarea funcțională a neuronilor:

- **neuronii senzitivi** (aferenți) transmit impulsurile nervoase de la periferie spre măduva spinării sau encefal. Aceşti neuroni pot fi *somatosenzitivi* (culeg informații de la receptorii din tegument, mușchi, oase şi articulații) sau *viscerosenzitivi* (culeg informații de la organele interne şi vasele de sânge). Din această categorie fac parte neuronii pseudounipolari şi cei bipolari.

- **neuronii motori** (eferenți) transmit impulsurile nervoase de la encefal sau măduvă spre periferie, la efectori (mușchi sau glande). Pot fi neuroni *somatomotori* (conduc comenzile la mușchii scheletici) sau neuroni *visceromotori* (conduc comenzile la mușchii netezi din structura organelor interne, a vaselor de sânge şi la glande). Majoritatea neuronilor motori sunt neuroni multipolari, cu pericarionii situați la nivelul axului cerebrospinal.

- **neuronii de asociație** sau **intercalari** sunt cei mai numeroşi, constituind 99% dintre neuroni. Sunt localizați în axul cerebrospinal şi sunt dispuşi între neuronii senzitivi şi cei motori. Toți neuronii de asociație sunt neuroni multipolari, cu forme variate.

!! Pentru o mai bună înțelegere a termenilor specifici sistemului nervos, sun necesare următoarele precizări:

I. În sistemul nervos central (SNC), grupările de *corpi celulari ai neuronilor*, fibrele nervoase amielinice şi nevrogliile formează ***substanța cenuşie***, organizată sub formă de coloane, nuclei nervoşi sau cortex-scoarță (funcțional constituie *centrii nervoşi*).

În sistemul nervos periferic (SNP), grupările de corpi celulari formează ***ganglionii nervoşi***. Aceştia pot fi ganglioni senzitivi, de pe traiectul nervilor spinali şi a unor nervi cranieni sau ganglioni vegetativi, simpatici şi parasimpatici.

II. ***Fibrele nervoase*** sunt formate din *prelungirile neuronilor.*

În sistemul nervos central, fibrele nervoase mielinizate formează ***substanța albă***, organizată sub formă de cordoane, fascicule (tracturi) ascendente şi descendente, pedunculi sau capsule.

În sistemul nervos periferic, fibrele nervoase formează ***nervii***.

Fibrele nervoase periferice care alcătuiesc nervii, sunt axonii lungi ai neuronilor motori din măduva spinării şi trunchiul cerebral şi/sau dendritele lungi (de tip axonic), cum sunt cele ale neuronilor pseudounipolari din ganglionii nervoşi.

Fibrele nervoase pot fi clasificate în funcţie de diametru, grad de mielinizare şi viteză de conducere în A, B şi C. ***Fibrele din grupul A*** sunt în majoritate fibre somatice senzitive şi motorii care deservesc tegumentul, muşchii scheletici şi articulaţiile. Ele au cel mai mare diametru, cea mai groasă teacă de mielină şi o viteză de conducere care variază între 15 şi 150 m/s. Fibrele nervoase vegetative senzitive şi motorii, precum şi unele fibre somatice senzitive care transmit informaţii de la piele (cum ar fi fibrele sensibile la durere şi fibrele mecano-receptoare cu diametru mic) aparţin grupului de fibre B şi C. ***Fibrele din grupul B*** sunt slab mielinizate, au diametru intermediar şi o viteză de conducere de 3-15 m/s. ***Fibrele din grupul C*** au cel mai mic diametru şi nu sunt mielinizate. Prin urmare, sunt incapabile de conducere saltatorie a impulsului nervos şi au o viteză de conducere de 1m/s sau chiar mai mică mai mică.

SINAPSA

Neuronii sunt interconectaţi între ei la nivelul la nivelul sinapselor.

Transmiterea sinaptică este procesul prin care impulsurile nervoase sunt transmise de la un neuron la alt neuron sau la o celulă efectoare, la nivelul unei structuri specializate numită *sinapsă*. Transmitere impulsului nervos se realizează cel mai frecvent prin mediatori chimici (sinapse chimice) şi mai rar electric (sinapse electrice).

Sinapsa (*syn* (*gr.*) = a reuni), termen introdus pentru prima dată de Sherrington în 1897, este legătura funcţională dintre un neuron şi o a doua celulă. În sistemul nervos central, această a doua celulă este tot un neuron. În sistemul nervos periferic, cealaltă celulă poate fi un neuron sau o celulă efectoare (musculară sau glandulară). Un neuron poate stabili între 1000 şi 10 000 de sinapse, putând fi stimulat la rândul său de un număr egal de alţi neuroni.

Din punct de vedere structural există următoarele tipuri de sinapse:

- sinapse receptor-fibră nervoasă.

- sinapse neuro-neuronale: axo-somatice, axo-dendritice (tipul cel mai răspândit), axo-axonale, dendro-dendritice (Fig. 2.5).

- sinapse neuro-efectoare: neuro-glandulare şi neuro-musculare (placa motorie).

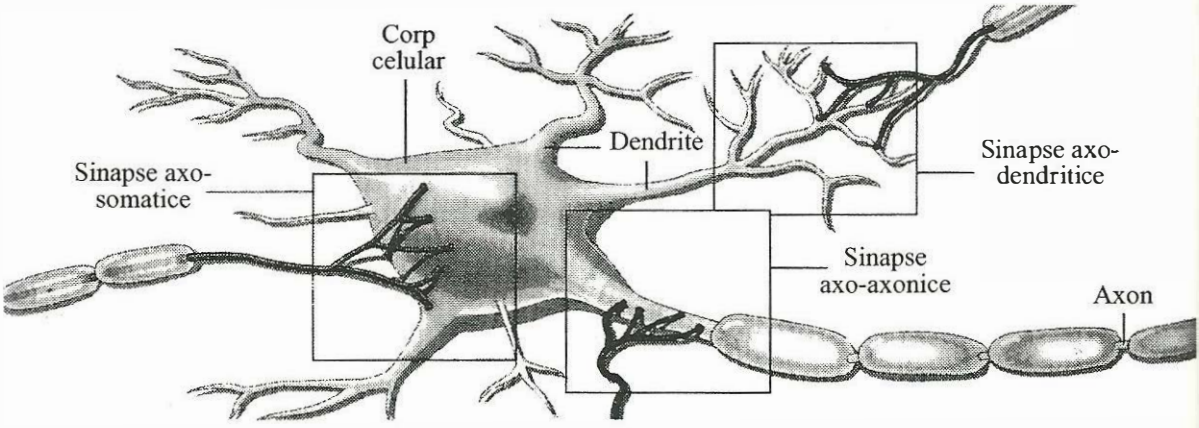


Figura 2.5. Tipuri de sinapse chimice: sinapse axo-dendritice, axo-somatice şi axo-axonice (după Marieb, 1997).

La nivelul unei sinapse, potențialul de acțiune propagat este transmis următoarei celule. Neuronul care transmite impulsurile *către* sinapsă se numeşte **neuron presinaptic**. Neuronul care transmite semnalul electric *de la* sinapsă se numeşte **neuron postsinaptic**.

ANATOMIA SISTEMULUI NERVOS

SISTEMUL NERVOS CENTRAL

Organele sistemului nervos central (axul cerebro-spinal sau nevraxul) sunt **măduva spinării**, adăpostită în canalul vertebral şi **encefalul** adăpostit de cutia craniană.

MĂDUVA SPINĂRII

Măduva spinarii nu ocupă întreaga lungime a canalului vertebral, ci se întinde de la marginea superioară a atlasului (prima vertebră cervicală) până la nivelul vertebrelor lombare L1-L2, unde se termină prin *conul medular*. Acesta se continuă inferior cu o formațiune subțire de natură conjunctivă, numită *fîlum*

terminale. În afară de protecția osoasă asigurată de canalul vertebral, măduva este protejată și de **meningele spinale**, trei foițe conjunctive care o învelesc:

- **dura mater** este foița conjunctivă fibroasă externă. Aceasta nu vine în contact direct cu canalul vertebral, ci este despărțită de acesta prin *spațiul epidural*, în care se găsește o rețea venoasă și țesut adipos, cu rol protector.

- **arahnoida**, foița meningeală mijlocie, subțire, este despărțită de dura mater prin *spațiul subdural*, iar de pia mater prin *spațiul subarahnoidian*, plin cu *lichid cerebrospinal* sau *cefalorahidian* (LCR).

- **pia mater** este foița meningeală internă, foarte subțire, puternic vascularizată, care aderă intim la suprafața măduvei spinării (Fig. 2.6).

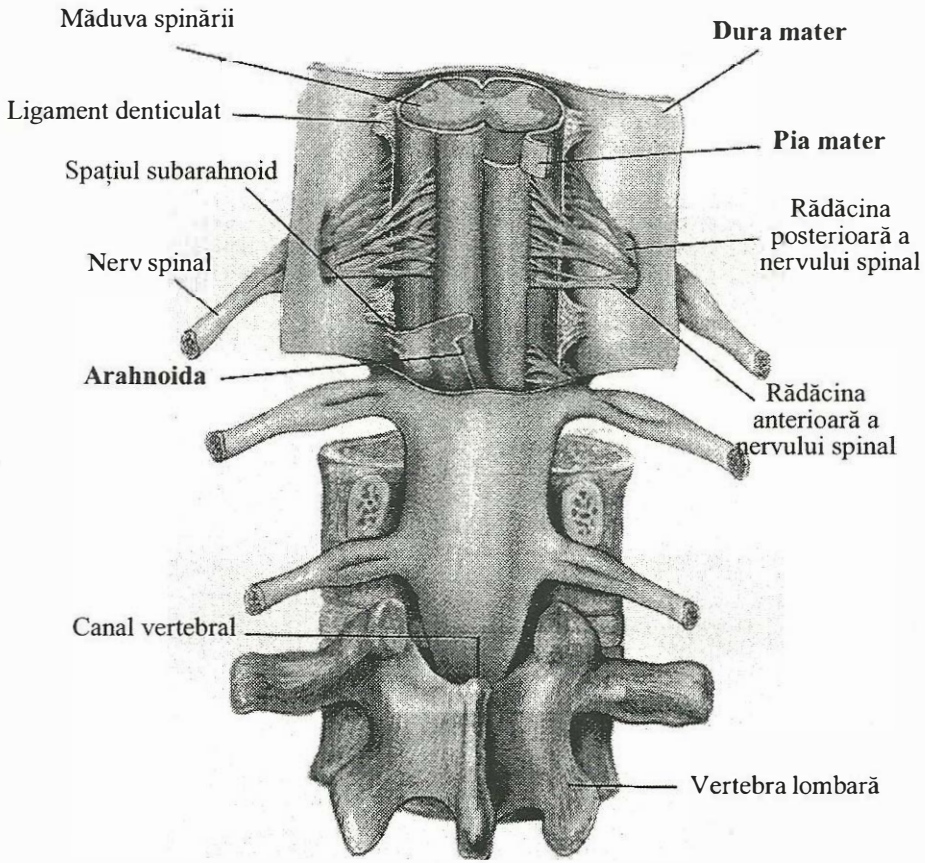


Figura 2.6. Măduva spinării și meningele spinale
(după Van De Graaff, 2000).

De la nivelul vertebrei lombare 2 unde se termină măduva spinării, dura mater şi arahnoida se extind inferior în canalul vertebral, până la nivelul vertebrei sacrale S2, formând **sacul meningeal inferior**. La nivelul acestuia se găsesc LCR, filum terminale şi "coada de cal". *Filum terminale* este o prelungire a piei mater, care se întinde de la conul terminal până pe partea posterioară a coccisului, unde se inseră. În afară de filum terminale, ancorarea măduvei spinării este asigurată şi de *ligamentele denticulate* (prelungiri ale piei mater) care se inseră de dura mater. *Coada de cal* este formată din rădăcinile nervilor spinali lombari şi sacrali în drumul lor oblic spre orificiile intervertebrale corespunzătoare.

!! Sub vertebra lombară 2 se practică *punctiile lombare* pentru recoltarea de LCR sau pentru introducerea de anestezice (**rahianestezia**).

CONFIGURAŢIA EXTERNĂ A MĂDUVEI SPINĂRII

Măduva spinării are aspectul unui cilindru turtit antero-posterior, având o lungime de aproximativ 42 cm şi un diametru de 25-35 mm. Măduva prezintă mai multe regiuni, care însă nu corespund regiunilor coloanei vertebrale, din cauza diferenţei de creştere în lungime între aceasta şi măduva spinării, în timpul dezvoltării fetale. Regiunile măduvei spinării sunt următoarele:

- măduva *cervicală* care se întinde până la a 7-a vertebră cervicală (C7);
- măduva *toracală* care se întinde până la vertebra T9
- măduva *lombară* până la vertebra T12
- măduva *sacrală* până la L1-L2.

Ca o consecinţă a dezvoltării sale embrionare, măduva spinării cuprinde mai multe segmente medulare sau *mielomere*, din fiecare desprinzându-se câte o pereche de nervi spinali. Astfel, măduva cervicală cuprinde 8 mielomere - 8 perechi de nervi spinali cervicali; măduva toracală cuprinde 12 mielomere - 12 perechi de nervi toracali; măduva lombară cuprinde 5 mielomere - 5 perechi de nervi lombari; măduva sacrală 5 mielomere - 5 perechi de nervi sacrali şi măduva coccigiană, un mielomer - o pereche de nervi coccigieni.

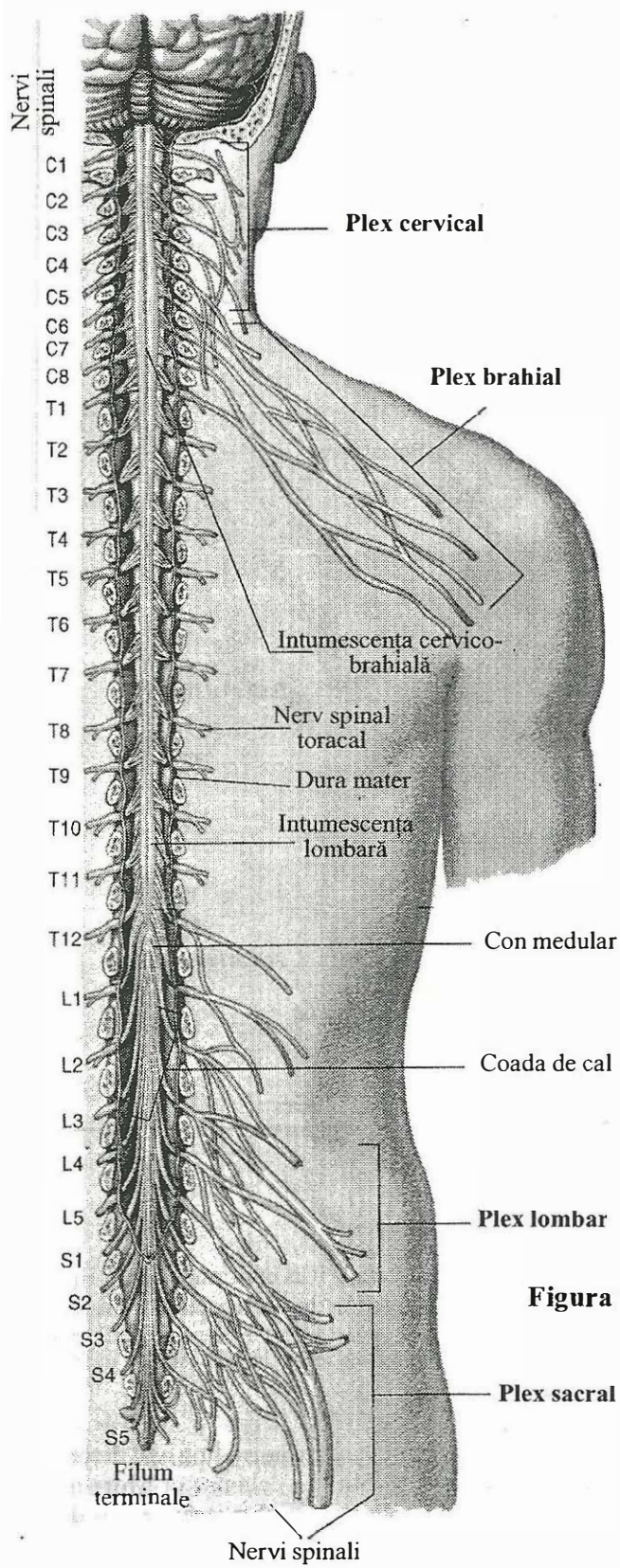


Figura 2.7. Măduva spinării şi nervii spinali (după Van De Graaff, 2000).

Pe toată lungimea sa, măduva are un calibru uniform, cu excepția a două îngroşări, numite *intumescențe: cervico-brahială* şi *lombară.* Acestea corespund locului de ieşire a nervilor membrelor superioare, respectiv a nervilor membrelor inferioare. Dezvoltarea mai accentuată a măduvei în aceste zone corespunde funcțiilor complexe ale acestora.

Măduva spinării prezintă la suprafață mai multe *şanțuri longitudinale,* care participă la delimitarea celor *patru fețe* ale sale. Astfel, pe linia mediană a feței ventrale se găseşte *fisura mediană anterioară*, largă, iar pe fața dorsală, *şanțul median posterior.* Lateral de aceste şanțuri mediene, sunt dispuse *două şanțuri antero-laterale*, prin care ies rădăcinile anterioare ale nervilor spinali şi *două şanțuri postero-laterale*, prin care intră rădăcinile posterioare ale nervilor spinali. *Fețele măduvei* spinării sunt următoarele: fața anterioară (ventrală), între cele două şanțuri antero-laterale; fața posterioară (dorsală), între cele două şanțuri postero-laterale şi două fețe laterale, dispuse între şanțurile latero-anterioare şi latero-posterioare (fig. 2.8).

STRUCTURA INTERNĂ A MĂDUVEI SPINĂRII

La nivelul măduvei spinării, substanța cenuşie este dispusă central, iar subștanta albă este dispusă la periferie (Fig.2.8). Substanța cenuşie îndeplineşte *funcția de centru reflex*, iar substanța albă realizează *funcția de conducere.*

a) substanța cenuşie este formată din corpii celulari ai neuronilor (pericarioni), fibre nervoase amielinice şi nevroglii. Ea este dispusă pe toată lungimea măduvei spinării sub formă de *coloane* longitudinale. În secțiune transversală, substanța cenuşie are forma literei H, la care extremitățile constituie *coarnele anterioare* şi respectiv, *coarnele posterioare.* Porțiunea transversală se numeşte *comisura cenuşie.* În centrul acesteia se găseşte *canalul ependimar* (central) care conține LCR. Canalul ependimar se continuă superior cu ventriculul al IV-lea, dispus la nivelul bulbului rahidian şi punții.

- ***coarnele posterioare,*** lungi şi subțiri, sunt formate din *neuroni senzitivi.* La aceştia vin, prin rădăcinile posterioare ale nervilor spinali, axonii neuronilor pseudounipolari din ganglionii spinali. Din punct de vedere funcțional, neuronii coarnelor posterioare reprezintă *deutoneuronii*

căilor sensibilității: exteroceptivă (tactilă grosieră, termică și dureroasă) și proprioceptivă inconștientă. Coarnele posterioare formează *zona somatosenzitivă* a substanței cenușii (Fig. 2.8).

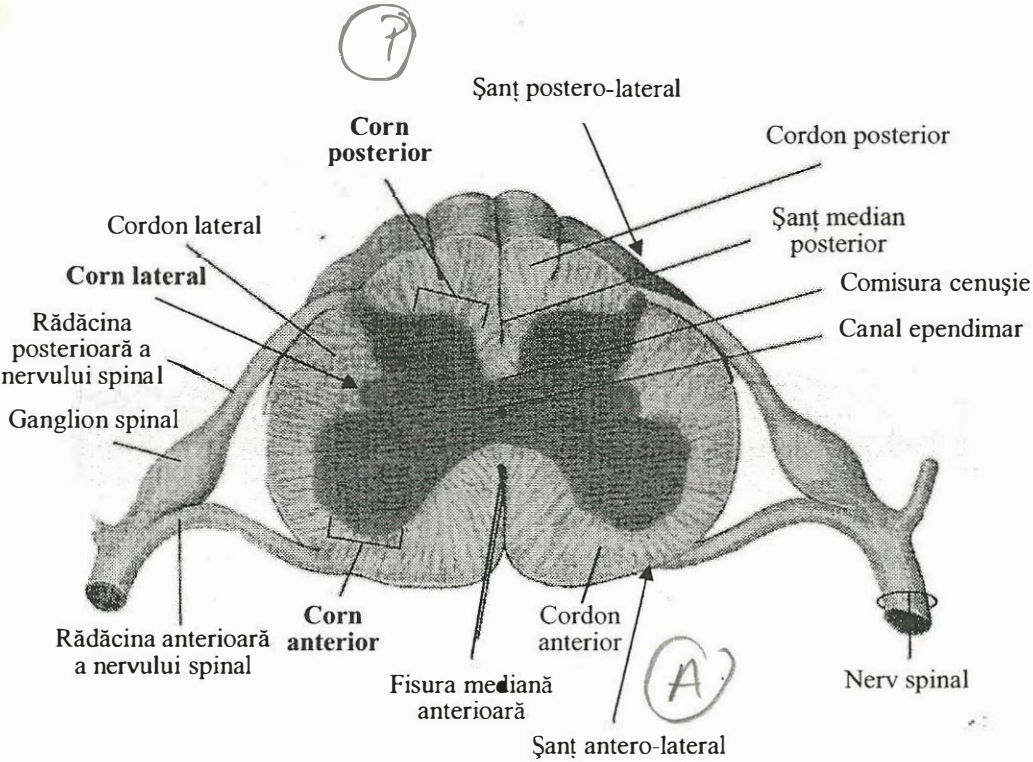


Figura 2.8. Structura internă a măduvei spinării. Secțiune transversală prin măduva cervicală inferioară (adaptat după Van De Graaff, 2000).

- ***coarnele anterioare***, scurte și mai voluminoase, conțin *neuroni somatomotori* de două tipuri: *alfa* și *gamma*. Axonii acestor neuroni părăsesc măduva prin rădăcinile anterioare, motorii, ale nervilor spinali și se distribuie la efectorii somatici (mușchii scheletici). Coarnele anterioare sunt mai voluminoase în segmentele măduvei spinării care inervează membrele, respectiv în regiunea cervicală și lombară, la nivelul intumescențelor. *Motoneuronul alfa* reprezintă singura legătură anatomică și funcțională dintre SNC și musculatura scheletică, având rol în motilitatea și în menținerea troficității mușchiului. *Motoneuronul gamma* inervează partea contractilă a fibrelor intrafusale ale fusului neuromuscular și intervine numai în controlul tonusului muscular. Coarnele anterioare reprezintă *zona somatomotorie* a substanței cenușii.

- ***coarnele laterale***, de dimensiuni mici, sunt dispuse între coarnele anterioare şi cele posterioare. Se constituie numai în regiunile cervicală inferioară, toracală şi lombară superioară ale măduvei spinării (C8-L1). Coarnele laterale sunt formate din *neuroni vegetativi simpatici,* având rol în controlul activităţii organelor interne. În jumătatea posterioară a cornului lateral se găsesc *neuroni viscerosenzitivi,* la care sosesc informaţii de la organele interne prin rădăcinile posterioare ale nervilor spinali. Este *zona viscerosenzitivă* a substanţei cenuşii. Jumătatea anterioară este formată din *neuroni visceromotori,* care comandă motilitatea musculaturii netede din structura organelor interne. Constituie *zona visceromotorie* a substanţei cenuşii. În regiunea sacrală (S2-S4) a măduvei se găsesc şi *neuroni vegetativi parasimpatici*, la nivelul *nucleului sacral*, fără formarea de coarne laterale la acest nivel. Axonii neuronilor vegetativi simpatici şi parasimpatici (*fibrele preganglionare*) părăsesc măduva spinării prin rădăcinile anterioare ale nervilor spinali şi fac sinapsă în ganglioni vegetativi.

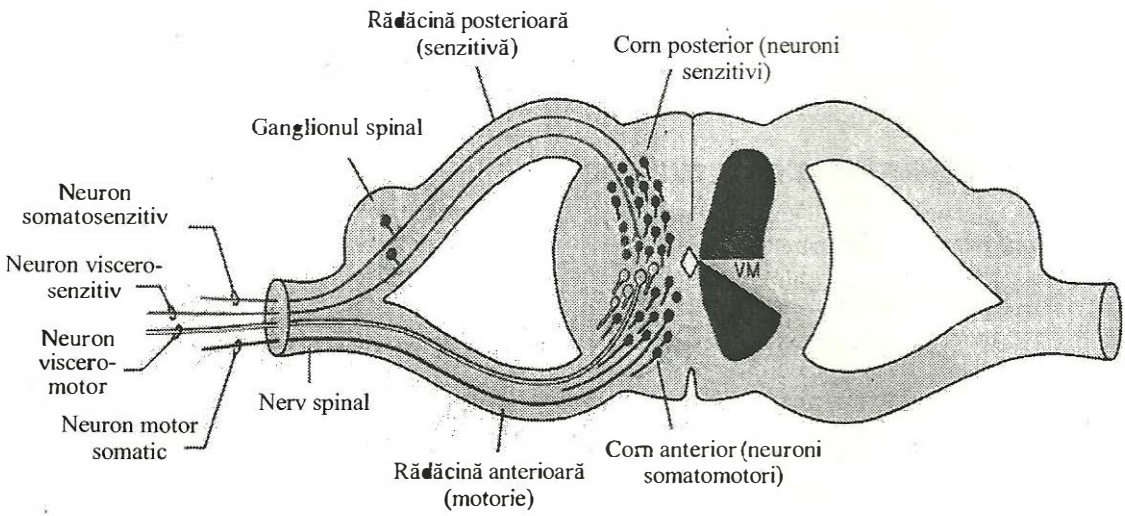


Figura 2.9. Organizarea funcţională a substanţei cenuşii. Jumătatea posterioară a substanţei cenuşii are funcţie senzitivă, iar cea anterioară are funcţie motorie (după Marieb, 1999).

Între baza cornului posterior şi cornul lateral este dispusă ***substanţa reticulată*** a măduvei spinării, formată din mase dispersate de neuroni, dispuşi în reţea. Aceasta se continuă cu substanţa reticulată a trunchiului cerebral, care se întinde până la diencefal.

b) **substanța albă**, dispusă la periferie în jurul substanței cenușii, este formată din fibre nervoase în majoritate mielinizate și nevroglii. Datorită configurației substanței cenușii și a șanțurilor de la suprafața măduvei, substanța albă este împărțită în ***trei perechi de cordoane***: două anterioare, două posterioare și două laterale. *Cordoanele anterioare* sunt cuprinse între fisura mediană anterioară și coarnele anterioare. *Cordoanele laterale* sunt cuprinse între coarnele anterioare și cele posterioare. *Cordoanele posterioare* sunt dispuse între șanțul median posterior și coarnele posterioare. *Comisura albă* este o lamă de substanță albă situată anterior de comisura cenușie.

Cordoanele de substanță albă sunt formate din *fascicule* sau *tracturi* de fibre nervoase ascendente, descendente și fundamentale.

1. Cele care conduc informațiile în sens ascendent, spre etajele superioare ale sistemului nervos central, constituie *fasciculele ascendente*. Sunt numite și *fascicule ale sensibilității*, deoarece intră în alcătuirea căilor nervoase ale sensibilității. Fasciculele ascendente sunt dispuse în cordoanele posterioare și în partea externă a cordoanelor laterale.

2. Fasciculele care conduc comenzile elaborate de scoarța cerebrală sau de centrii subcorticali, în sens descendent la măduva spinării, constituie *fasciculele descendente* sau *ale motilității*. Fasciculele descendente sunt dispuse în cordoanele anterioare și în partea internă a cordoanelor laterale.

3. *Fasciculele fundamentale* sunt situate profund, în imediata vecinătate a substanței cenușii. Ele sunt formate din fibre de asociație care conectează diferitele segmente medulare și nu părăsesc măduva.

Înainte de a trece la enumerarea fasciculelor ascendente și descendente medulare, sunt necesare următoarele precizări:

- Fasciculele fac parte din căi nervoase complexe multineuronale - formate din doi sau trei neuroni, interconectați sinaptic.
- Cele mai multe fascicule se încrucișează (decusează) în drumul lor, la diferite nivele ale sistemului nervos central. Astfel, informațiile primite dintr-o parte a corpului se proiectează pe scoarța cerebrală a emisferei

cerebrale opuse, iar impulsurile motorii pornite de la o emisferă, ajung la efectorii de pe partea opusă.

- Fibrele nervoase constitutive ale fasciculelor prezintă o dispoziție spațială precisă - *somatotopică* - fibrele din regiunile inferioare ale corpului sunt situate superficial, iar cele din partea superioară se situează profund (adiționare medială).
- Toate căile nervoase şi fasciculele lor componente sunt perechi (drepte şi stângi).
- Fasciculele sunt denumite după locul de origine şi destinație, precum şi după dispunerea lor în cadrul cordoanelor.

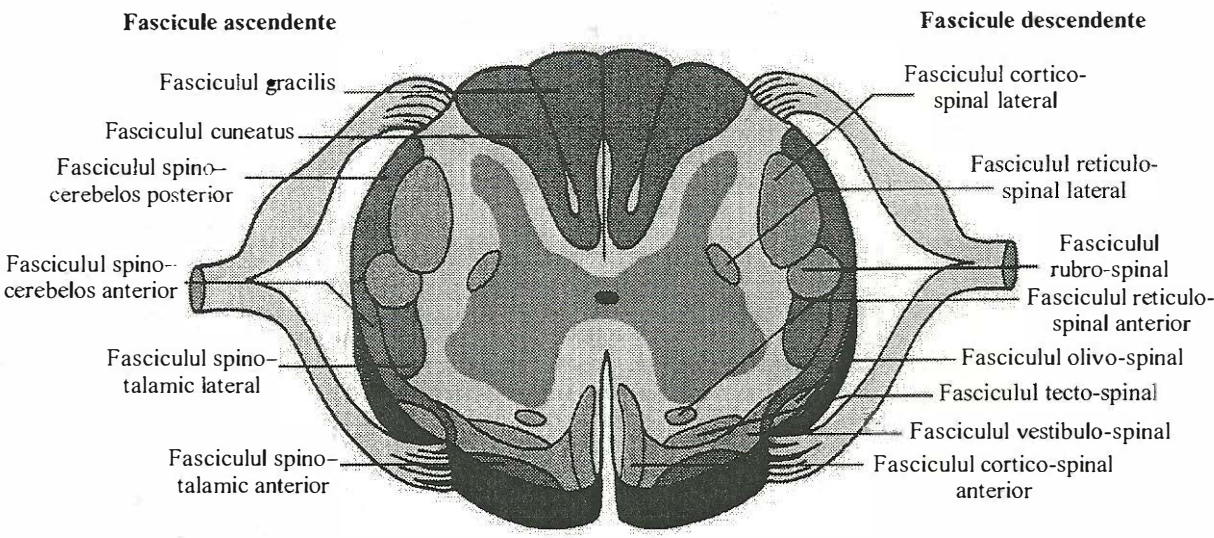


Figura 2.10. Fasciculele ascendente şi descendente de la nivelul substanței albe. Secțiune transversală la nivelul măduvei spinării (după Marieb, 1999).

CĂILE SENSIBILITĂȚII

Substanța albă a măduvei spinării, prin fasciculele ascendente, asigură sensibilitatea întregului corp, cu excepția extremității cefalice. Sensibilitatea generală a corpului, numită şi *sensibilitatea somatică,* este de trei tipuri: exteroceptivă, proprioceptivă şi interoceptivă.

Căile sensibilității sunt căi nervoase prin care se transmit informațiile de la nivelul receptorilor tegumentari (exteroceptori), ai organelor de mişcare (proprioceptori) şi ai organelor interne (interoceptori). Impulsurile nervoase sunt transmise prin fasciculele ascendente medulare spre etajele superioare ale encefalului.

Căile nervoase sunt proprii fiecărui tip de sensibilitate şi după zona din encefal unde conduc impulsurile, ele pot fi: căi ale sensibilității conştiente şi căi ale sensibilității inconştiente.

Căile sensibilității conştiente conduc impulsurile la scoarța cerebrală, în zone precis localizate, unde sunt transformate în senzații conştiente.

Căile sensibilității inconştiente stabilesc legături cu formațiuni subcorticale din trunchiul cerebral şi cerebel, iar informațiile transmise nu devin conştiente.

Căile sensibilității sunt căi de conducere ale impulsurilor nervoase formate din **neuroni de trei ordine**, interconectați sinaptic (în lanț).

Neuronul de ordinul I – protoneuronul - pentru toate tipurile de sensibilitate se găseşte în ganglionul spinal de pe rădăcina posterioară a nervilor spinali. Neuronul de ordinul I este neuronul pseudounipolar somato- sau viscerosenzitiv. Dendrita sa lungă ajunge la receptori, iar axonul pătrunde prin rădăcina posterioară a nervului spinal în măduva spinării.

Neuronul de ordinul al II-lea - deutoneuronul - se găseşte pentru majoritatea tipurilor de sensibilitate în cornul posterior medular. Axonii neuronilor de ordinul al II-lea din coarnele posterioare formează fasciculele ascendente medulare. Deutoneuronii căii sensibilității tactile fine şi ai sensibilității proprioceptive conştiente se află în bulbul rahidian.

Neuronul de ordinul al III-lea este situat, pentru majoritatea căilor sensibilității, în talamus. Axonii neuronilor talamici se proiectează pe *scoarța cerebrală a girusului postcentral din lobul parietal* (aria somestezică I). Proiecția corticală se realizează pe emisfera opusă părții de unde a pornit excitația, deoarece are loc încrucişarea fibrelor în drumul lor, fie la nivelul medular (majoritatea), fie la nivel bulbar.

CALEA SENSIBILITĂȚII EXTEROCEPTIVE

Conduce informațiile preluate de la nivelul receptorilor cutanați: infomații tactile, termice și dureroase.

- **Calea sensibilității tactile.** Sensibilitatea tactilă este de două feluri: sensibilitate tactilă grosieră (protopatică) și sensibilitate tactilă fină (epicritică).

a) calea sensibilității tactile grosiere conduce informații tactile elementare, difuze sau protopatice.

Receptorii sunt reprezentați de corpusculii Meissner și discurile Merkel din tegument.

Protoneuronul se găsește în ganglionul spinal.

Deutoneuronul este neuronul senzitiv din cornul posterior medular. Axonii neuronilor de odinul al II-lea se încrucișează și trec prin comisura albă în **cordonul anterior de partea opusă**, formând *fasciculul spino-talamic anterior*. Acesta străbate ascendent măduva spinării, trunchiul cerebral și se termină în talamus.

Neuronul de ordinul al III-lea se află în talamus. Axonii neuronilor talamici se proiectează în scoarța cerebrală în aria somestezică I.

b) calea sensibilității tactile fine, mai nou apărută în evoluție, transmite informații privind forma, mărimea și structura obiectelor, percepția greutății, este deci tactul epicritic, discriminativ, diferențiat.

Receptorii sunt aceiași ca și pentru sensibilitatea tactilă grosieră, dar au un câmp receptor mai mic.

Protoneuronul - neuronul pseudounipolar din ganglionul spinal. Axonii lungi ai neuronilor de ordinul I intră în măduva spinării și se dispun în **cordonul posterior de aceiași parte**, formând *fasciculele spino-bulbare gracilis* (Goll) și *cuneatus* (Burdach).

Fasciculul gracilis este dispus medial în cordonul posterior, iar fasciculul cuneat este dispus lateral și se formează numai în regiunea toracală superioară și cervicală a măduvei spinării (Fig. 2.11, a).

Fasciculele spino-bulbare au traseu ascendent până la nivelul bulbului rahidian.

!! Fasciculele spino-bulbare sunt formate din axonii lungi ai neuronilor de ordinul I din ganglionii spinali, spre deosebire de toate celelalte fascicule ascendente medulare şi nu se încrucişează la nivel medular.

Deutoneuronul se găseşte la nivel bulbar, în *nucleii Goll* şi *Burdach* (nuclei proprii ai bulbului). Axonii neuronilor de aici se încrucişează cu cei de partea opusă la nivelul decusaţiei senzitive şi formează *lemniscul medial*, cu traseu ascendent spre talamus.

Al treilea neuron este neuronul talamic, al cărui axon se proiectează pe scoarţa cerebrală în aria somestezică I (Fig. 2.11, a)

CALEA SENSIBILITĂŢII TERMICE ŞI DURER0SE (TERMOALGEZICĂ)

Receptorii sunt reprezentaţi de terminaţiile nervoase libere din tegument. Acestea sunt dendritele arborizate ale neuronilor pseudounipolari din ganglionii spinali.

Stimuli de naturi diferite: mecanici, chimici sau termici, care constituie un pericol pentru integritatea tisulară, pot genera senzaţii dureroase.

Protoneuronul - se află în ganglionul spinal

Deutoneuronul - neuronul senzitiv din cornul posterior medular.

Axonii neuronilor de ordinul al II-lea se încrucişează şi trec prin comisura albă în **cordonul lateral de partea opusă**, constituind *fasciculul spino-talamic lateral*, cu traseu ascendent spre talamus.

Al treilea neuron se află în talamus. Axonii neuronilor talamici se proiectează în scoarţa cerebrală a lobului parietal, în girusul postcentral (Fig. 2.11, b).

Prin fasciculul spino-talamic lateral este condusă şi durerea viscerală.

Prin conexiunile nervoase existente între scoarţa cerebrală şi hipotalamus (cortico-hipotalamice) şi între talamus şi hipotalamus (talamo-hipotalamice), informaţiile termice ajung şi la centrii termoreglării din hipotalamus.

CĂILE SENSIBILITĂȚII PROPRIOCEPTIVE

Informațiile privind poziția spațială a corpului, a diferitelor sale segmente și a gradului de contracție a mușchilor scheletici sunt culese de receptori specifici numiți *proprioceptori*. Aceștia sunt localizați în periostul oaselor, în mușchi, tendoane și articulații.

Sensibilitatea proprioceptivă este de două tipuri: sensibilitatea proprioceptivă conștientă (sensibilitatea kinestezică) care are proiecție corticală și sensibilitatea proprioceptivă inconștientă, cu proiecție cerebeloasă.

a. *Calea sensibilității proprioceptive conștiente*

Receptorii sunt corpusculii tendinoși Golgi, aflați la joncțiunea mușchi-tendon, corpusculii Pacini din periost și articulații, corpusculii Ruffini și terminații nervoase libere. Calea sensibilității proprioceptive conștiente este comună cu calea sensibilității tactile fine.

b. *Calea sensibilității proprioceptive inconștiente*

Receptorii sunt reprezentați de fusurile neuromusculare din mușchii scheletici.

Protoneuronul se află în ganglionul spinal.

Deutoneuronul - neuronul senzitiv din cornul posterior medular. Axonii neuronilor de ordinul al II-lea formează *fasciculele spino-cerebeloase posterior* (Flechsig) și *anterior* (Gowers), dispuse în **partea externă a cordonului lateral**. Ambele fascicule conduc informațiile proprioceptive inconștiente de la partea inferioară a corpului, respectiv de la nivelul membrelor inferioare și trunchiului.

Informațiile proprioceptive inconștiente de la nivelul membrelor superioare și gâtului sunt transmise printr-un fascicul suplimentar, numit *fasciculul spino-cerebelos rostral*, care face sinapsă în *nucleul cuneat accesor* din bulb și se alătură apoi fasciculului spino-cerebelos posterior.

- *fasciculul spino-cerebelos posterior* (Flechsig) este format din axonii neuronilor de ordinul al II-lea care trec în **cordonul lateral de aceiași parte** (de unde și denumirea de *fascicul spino-cerebelos direct*) și ajung la nivel bulbar. De aici trec prin pedunculii cerebeloși inferiori și fac sinapsă cu neuronii de ordinul al III-lea din scoarța paleocerebelului.

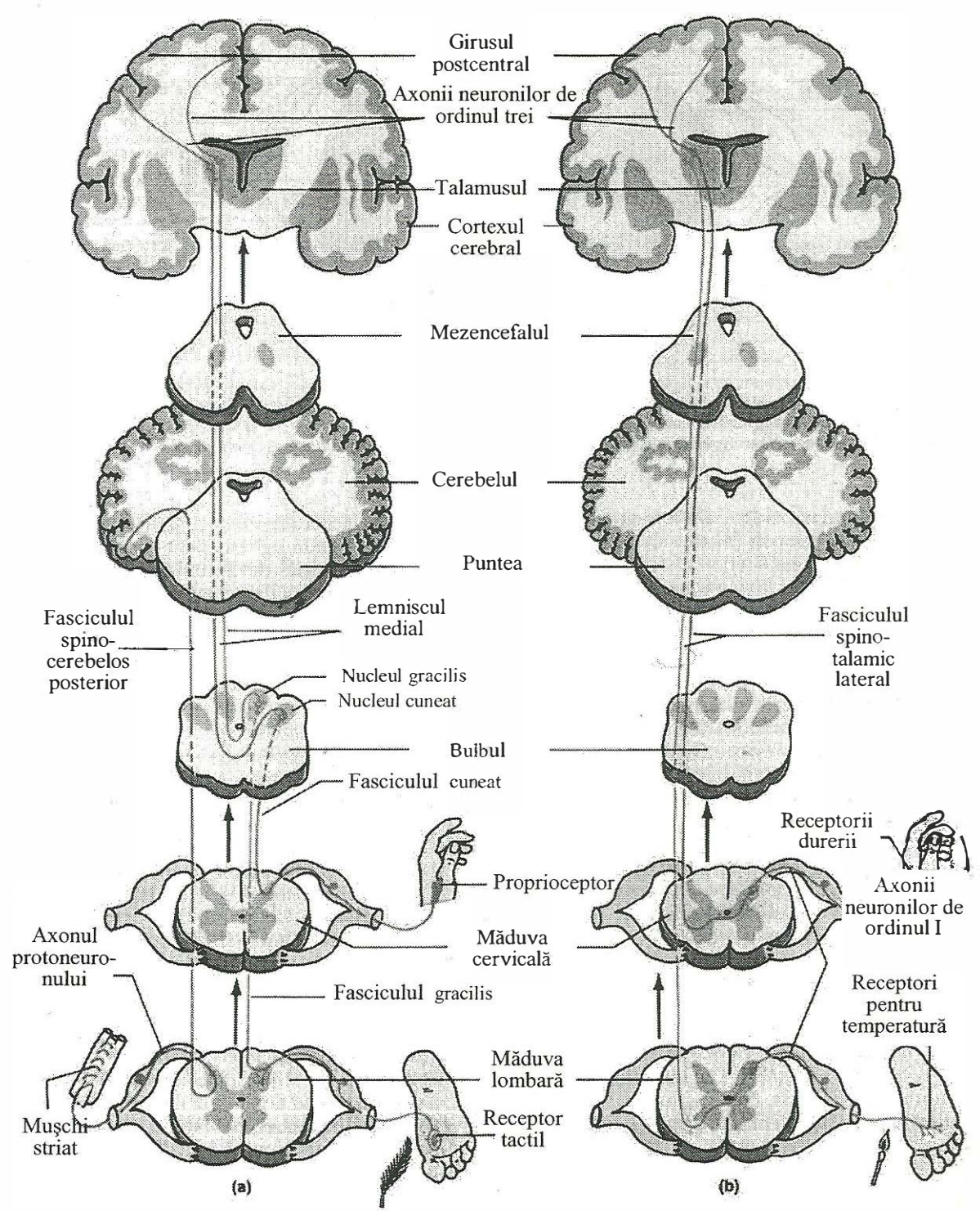


Figura 2.11. Căile sensibilității exteroceptive și proprioceptive (după Marieb, 1999).

- *fasciculul spino-cerebelos anterior* (Gowers) este format din axonii neuronilor de ordinul al II-lea care se încrucişează şi trec în **cordonul lateral de partea opusă** (de unde şi denumirea de *fascicul spino-cerebelos încrucişat*). Se dispune anterior în cadrul cordonului lateral, faţă de precedentul. Fibrele fasciculului spino-cerebelos anterior străbat ascendent bulbul, puntea (unde se încrucişează din nou) şi mezencefalul. Apoi, de-a lungul pedunculului cerebelos superior pătrund în cerebel, unde fac sinapsă cu neuronii din scoarţa paleocerebelului (Fig. 2.11,a).

CALEA SENSIBILITĂŢII INTEROCEPTIVE

Această cale conduce informaţiile culese de *interoceptori* (visceroceptori) situaţi la nivelul vaselor de sânge, organelor interne şi membranelor seroase (pleura, pericard, peritoneu). Interoceptorii pot fi baroreceptori, chemoreceptori şi terminaţii nervoase libere (dendritele neuronilor viscerosenzitivi din ganglionii spinali). Informaţiile interoceptive nu devin conştiente decât în cazuri patologice (durerea viscerală).

Sensibilitatea viscerală este transmisă prin fibre vegetative simpatice şi parasimpatice (vezi aferenţa vegetativă) dar şi prin fibre somatice.

Protoneuronul - neuronul pseudounipolar viscerosenzitiv din ganglionul spinal.

Deutoneuronul - neuronii senzitivi din cornul posterior şi neuronii viscerosenzitivi din cornul lateral medular. Sensibilitatea interoceptivă nu prezintă la nivelul măduvei fascicule ascendente specifice. Astfel, axonii neuronilor de ordinul al II-lea pot împrumuta calea sensibilităţii exteroceptive termice şi dureroase (fasciculul spinotalamic lateral) sau pot folosi o cale nervoasă polisinaptică spino-reticulo-talamo-corticală, cu sinapse multiple în substanţa reticulată a măduvei spinării şi a trunchiului cerebral.

Al treilea neuron este talamic, iar zona de proiecţie corticală este difuză.

!! Deoarece fibrele sensibilităţii cutanate dureroase şi unele fibrele viscero-senzitive converg spre aceiaşi neuroni ai căii aferente spinotalamice, apare fenomenul de *durere evocată* sau *reflectată*. În acest caz, durerea viscerală va fi percepută ca o senzaţie cutanată dureroasă şi în alt teritoriu cutanat decât cel care corespunde topografic viscerului respectiv. De exemplu,

durerea cardiacă poate fi resimțită atât precordial, cât şi la nivelul marginii interne a membrului superior stâng.

CĂILE MOTILITĂȚII

Căile motricității conduc comenzile motorii voluntare (căile piramidale) sau involuntare, automate (căile extrapiramidale), de la centrii superiori corticali sau subcorticali, la măduva spinării.

Prin aceste căi sunt controlate activitatea motorie voluntară şi involuntară, tonusul muscular şi sunt menținute postura şi echilibrul.

Căile motricității sunt ***căi nervoase bineuronale***, cu viteză mare de conducere: ***primul neuron*** este neuronul cortical sau subcortical, iar ***al doilea neuron*** este neuronul somatomotor alfa din cornul anterior medular. Acesta reprezintă stația finală comună, atât pentru calea piramidală, cât şi pentru calea extrapiramidală.

Axonii neuronilor somatomotori alfa din coarnele anterioare medulare constituie astfel *calea motorie comună,* prin care comenzile de la nivelul sistemului nervos central ajung la mușchii scheletici.

Calea sistemului piramidal

Conduce comenzi motorii voluntare, precise, fine. Îşi are originea în scoarța cerebrală, la nivelul mai multor arii corticale: *aria motorie primară* (pentru majoritatea fibrelor), *aria premotorie* (ambele situate în lobul frontal) şi *aria motorie secundară*, suprapusă ariei senzitive secundare, situată în lobul parietal.

Axonii neuronilor corticali (neuronii de ordinul I ai căii) formează *fasciculele piramidale* sau *corticospinale* (conțin aproximativ 1 000 000 de fibre nervoase/fascicul).

În drumul lor descendent spre măduva spinării, fasciculele corticospinale străbat succesiv toate etajele encefalului, până în partea inferioară a bulbului rahidian. Aici are loc încrucişarea majorității fibrelor (85%) la nivelul *decusației piramidelor*, care marchează limita inferioară a bulbului. Inferior de decusația piramidelor se formează câte două fascicule corticospinale de fiecare parte:

- *fasciculul corticospinal încrucişat* care se dispune în **cordonul lateral** al măduvei spinării (de unde şi denumirea de *fascicul corticospinal lateral*) şi se termină în neuronii somatomotori alfa din coarnele anterioare de aceiaşi parte (al doilea neuron al căii piramidale).

- *fasciculul corticospinal direct* care pătrunde în **cordonul anterior** ale măduvei spinării (de unde şi denumirea de *fascicul corticospinal anterior*). La diferite nivele medulare fibrele fasciculelor corticospinale anterioare trec prin comisura albă în partea opusă, unde fac sinapsă cu neuronii somatomotori alfa din coarnele anterioare (al doilea neuron).

!! Ambele fascicule corticospinale se încrucişează, fasciculul corticospinal încrucişat la nivel bulbar, iar fasciculul corticospinal direct, la nivelul diferitelor segmente ale măduvei spinării.

Ambele fascicule fac sinapsă cu motoneuronii alfa din coarnele anterioare, ai căror axoni trec în rădăcinile anterioare ale nervilor spinali şi ajung astfel la muşchii scheletici.

În traseul lor descendent prin trunchiul cerebral, din fasciculele piramidale se desprind fibre care se termină în nucleii motori ai nervilor cranieni de la acest nivel. Acestea formează *fasciculele cortico-nucleare*. Astfel, prin intermediul fibrelor motorii ale nervilor cranieni, comenzile voluntare cu origine corticală ajung la musculatura extremității cefalice (cap, gât).

Calea sistemului extrapiramidal

Sistemul extrapiramidal controlează mişcările involuntare, mişcările semivoluntare, mişcările automate asociate cu mersul, vorbirea, scrisul.

Calea sistemului extrapiramidal este o *cale motorie secundară*, *polisinaptică* şi *cu origini multiple*, atât la nivel cortical cât şi subcortical.

Fibrele cu origine corticală fac sinapsă în corpii striați. Prin eferențele acestora, comenzile ajung la diferite structuri nervoase ale trunchiului cerebral, care constituie *originea subcorticală* a fasciculelor extrapiramidale: tuberculii cvadrigemeni, nucleul roşu, substanța neagră (mezencefal), nucleii vestibulari şi olivele (bulb) şi substanța reticulată a trunchiului cerebral.

Fasciculele extrapiramidale străbat în sens descendent măduva spinării şi fac sinapsă cu neuronii somatomotori alfa din coarnele anterioare.

- *fasciculul tectospinal* - este format din axonii neuronilor din tuberculii cvadrigemeni şi se încrucişează în mezencefal cu cel de partea opusă. Se dispun în **cordoanele anterioare** ale măduvei cervicale, unde se termină. Coordonează mişcările automate de orientare vizuală şi auditivă ale capului şi globilor oculari.

- *fasciculul rubrospinal* - este format din axonii neuronilor din nucelul roşu mezencefalic şi se încrucişează cu cel de partea opusă la nivelul mezencefalului. La nivelul măduvei spinării fasciculele rubrospinale se dispun în **cordoanele laterale**. Au rol în menținerea tonusului muscular.

- *fasciculul olivospinal* - este format din axonii neuronilor din olivele bulbare. Au traseu descendent din măduvă spinării la nivelul **cordoanelor anterioare**.

- *fasciculul vestibulospinal* îşi are originea în nucleii vestibulari bulbo-pontini. Se dispune la nivelul **cordoanelor anterioare** medulare. Comenzile transmise asigură menținerea echilibrului static şi dinamic.

- *fasciculul reticulospinal* - este cel mai voluminos fascicul extrapiramidal. Îşi are originea în nucleii substanței reticulate a trunchiului cerebral. Substanța reticulată are conexiuni multiple cu talamusul, hipotamusul, corpii striați şi cu cerebelul. Fasciculul reticulospinal este format din fibre pe care le regăsim atât în **cordoanele laterale** cât şi în cele **anterioare** medulare. Fibrele reticulospinale fac sinapsă cu neuroni somatomotori din coarnele anterioare şi cu neuroni visceromotori din coarnele laterale de aceiaşi parte.

Cu toate că cerebelul nu are conexiuni eferente directe cu măduva spinării, el asigură un control permanent asupra echilibrului, tonusului muscular şi în coordonarea mişcărilor voluntare şi automate. Controlul indirect exercitat de cerebel se datorează numeroaselor conexiuni pe care le stabileşte cu diferite structuri nervoase: scoarța cerebrală, nucleul roşu mezencefalic, nucleii vestibulari bulbo-pontini şi cu substanța reticulată a trunchiului cerebral, structuri care constituie originea fasciculelor extrapiramidale.

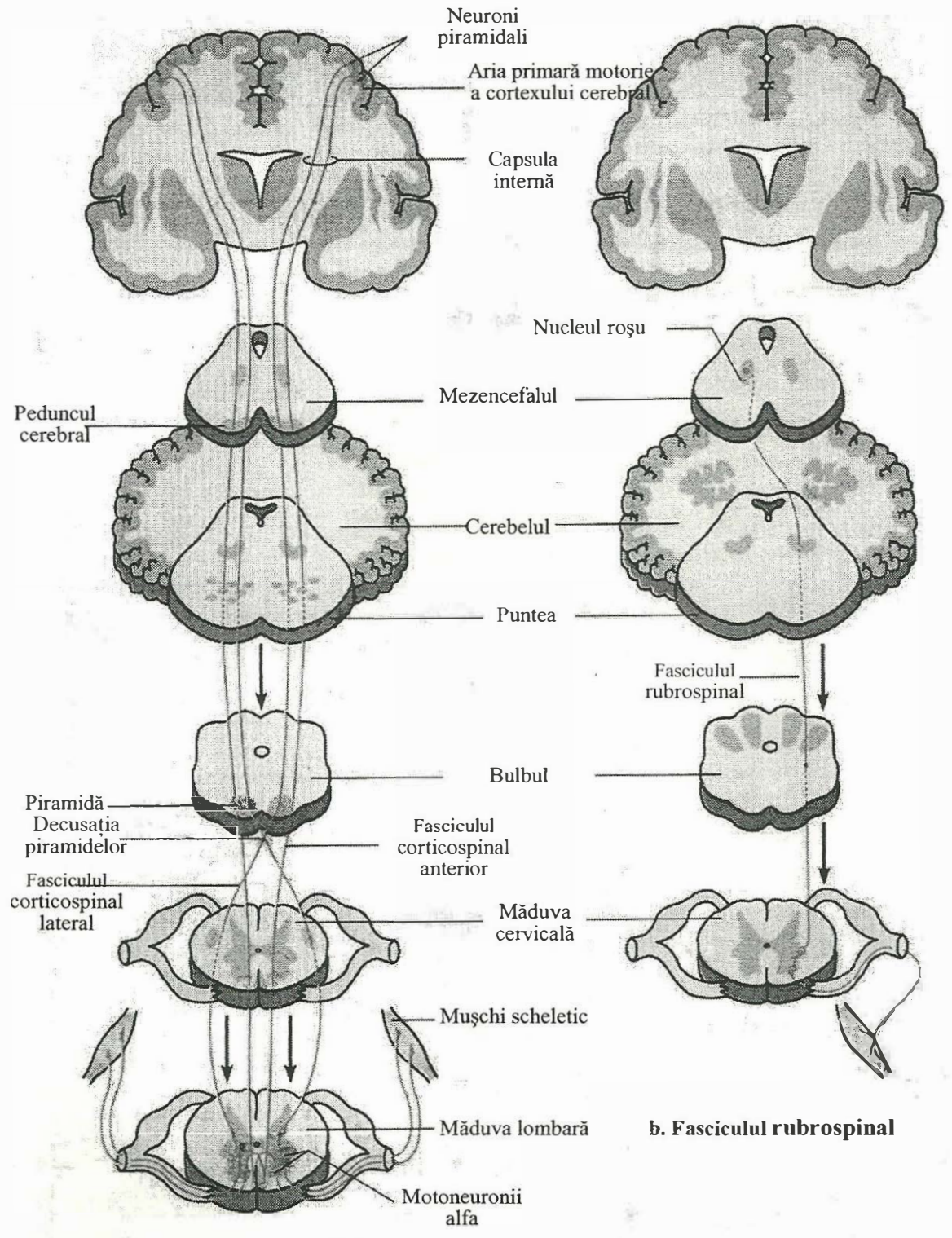


Figura 2.12. Căile motilităţii. a. Calea piramidală (fasciculele corticospinale) şi b. calea extrapiramidală (fasciculul rubrospinal) (după Marieb, 1999).

ENCEFALUL

Encefalul, situat în cutia craniană, este format din următoarele structuri:

Trunchiul cerebral

-bulbul rahidian

-puntea lui Varolio (protuberanța)

-mezencefalul (pedunculii cerebrali şi lama cvadrigemenă)

Cerebelul

Diencefalul (epitalamus, talamus, hipotalamus, metatalamus)

Emisferele cerebrale (telencefalul)

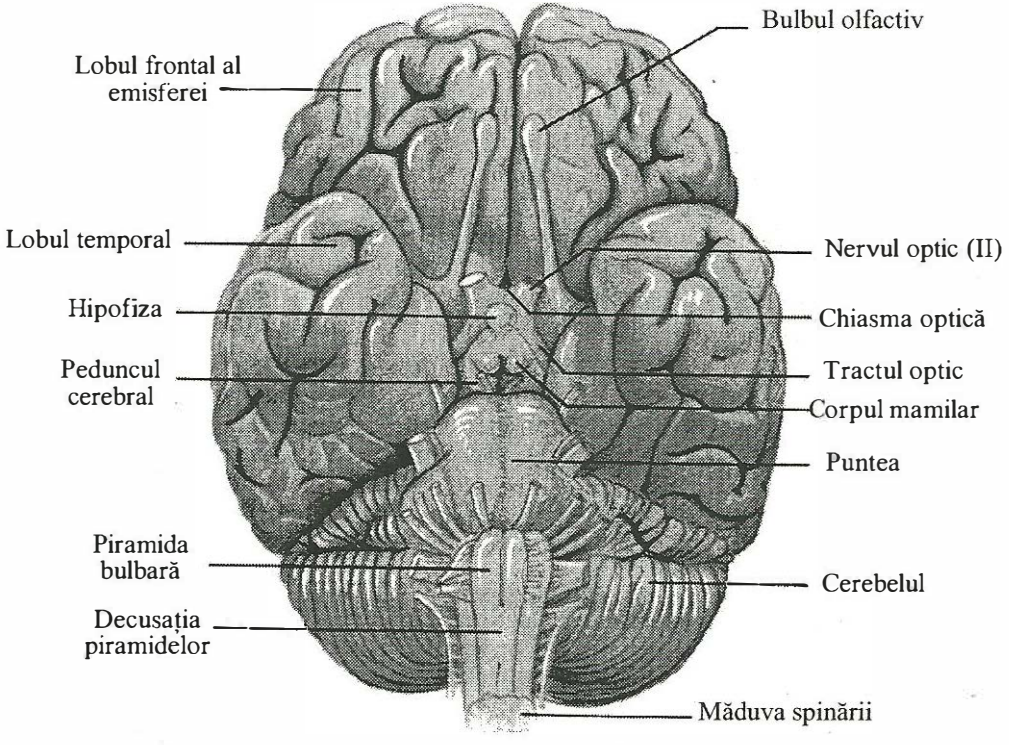


Figura 2.13. Fața bazală a encefalului (după Marieb, 1999).

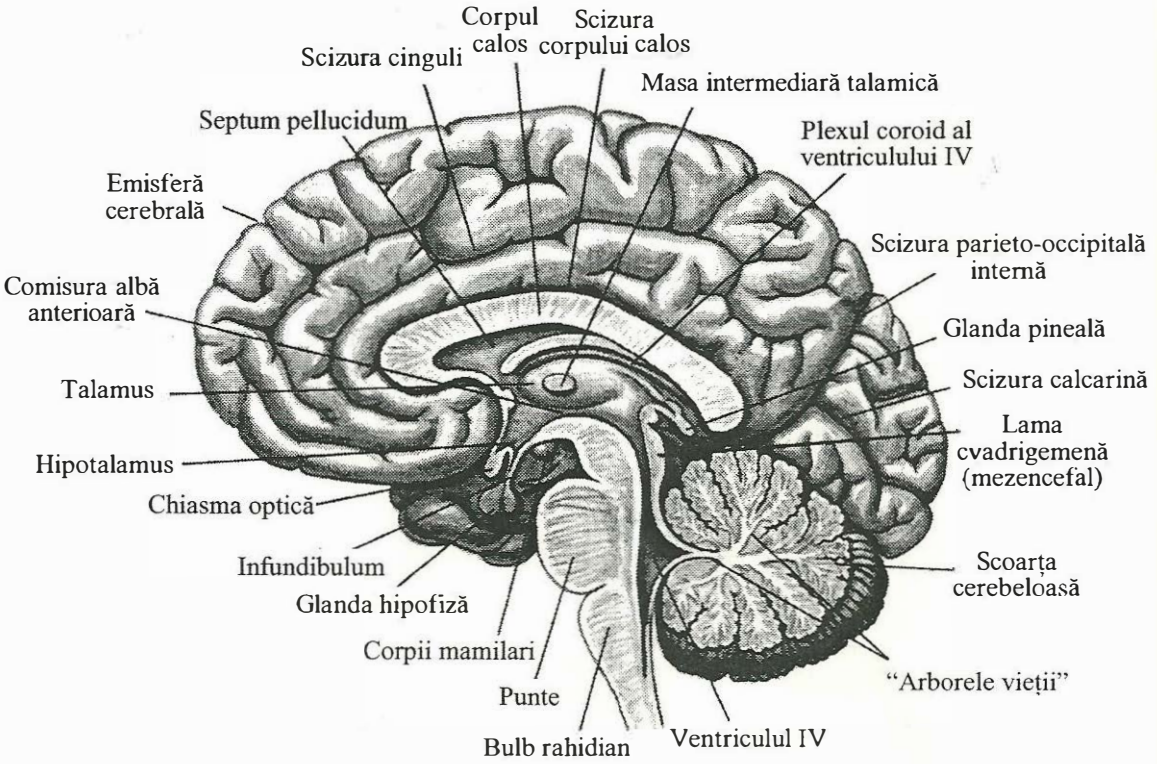


Figura 2.14. Secțiune sagitală prin encefal (după Van De Graaff, Fox, 1995).

MENINGELE CEREBRALE

Ca şi măduva spinării, encefalul este învelit de trei foițe conjunctive, *meningele cerebrale*, care se continuă la nivelul orificiului occipital cu meningele spinale:

- **dura mater** este formată la nivel cerebral din două straturi: ***stratul periostal*** care aderă intim la fețele endocraniene ale oaselor craniului, constituind periostul intern al acestora şi ***stratul meningeal***. Acesta emite septuri sau prelungiri care compartimentează cavitatea craniană: *coasa creierului* (pătrunde între cele 2 emisfere cerebrale); *coasa cerebelului* (între cele 2 emisfere cerebeloase); *cortul cerebelului* (între emisferele cerebrale şi cerebel) şi *diafragma şeii* (la nivelul şeii turceşti a sfenoidului, delimitează loja hipofizară). Cele două straturi ale durei mater sunt intim asociate, cu excepția unor zone unde formează *sinusurile durale*, marile colectoare venoase ale creierului (Fig. 2.15).

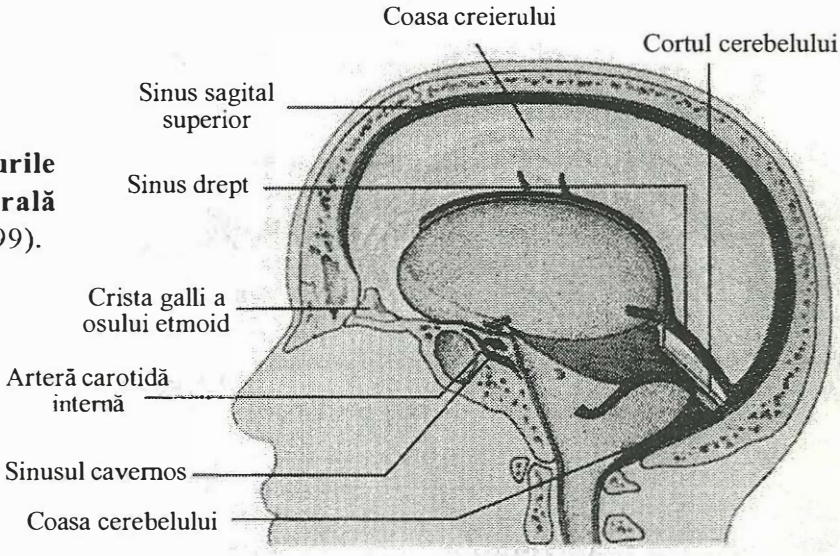


Figura 2.15. Septurile durei mater cerebrală (după Marieb, 1999).

- **arahnoida** este despărțită de dura mater prin spațiul subdural şi de pia mater prin *spațiul subarahnoidian*, plin cu lichid cerebrospinal. Spațiul subarahnoidian cerebral nu este uniform ca cel spinal, ci prezintă zone mai dilatate, numite *cisterne arahnoidiene*, pline cu LCR: *cisterna corpului calos*, *cisterna pontină*, *cisterna interpedunculară* şi *cisterna cerebelobulbară*. Arahnoida cerebrală trimite prelungiri în sinusurile durale, numite *vilozități arahnoidiene,* prin intermediul cărora are loc resorbția lichidului cerebrospinal în sângele venos (Fig. 2.16).

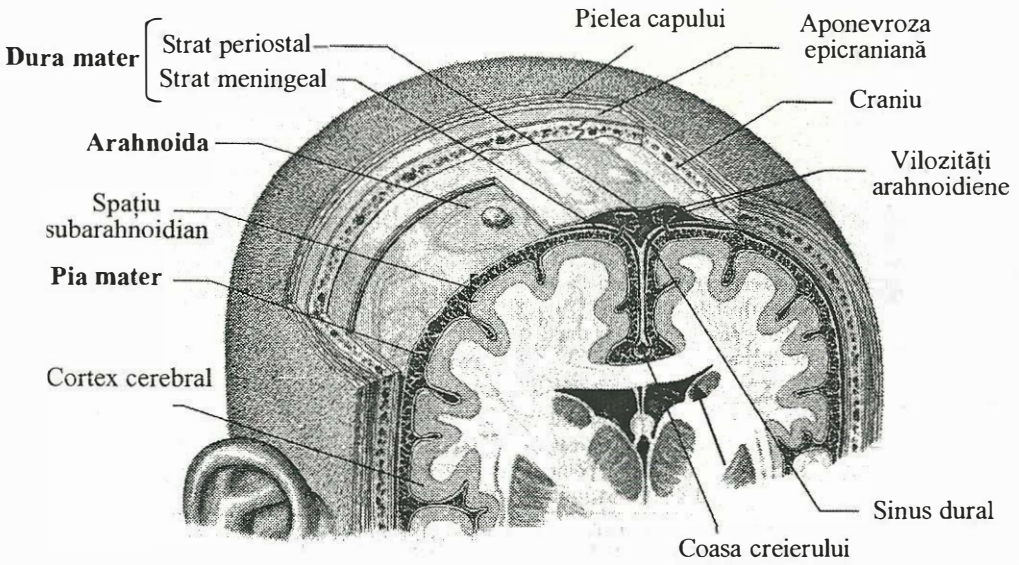


Figura 2.16. Meningele cerebrale şi structurile asociate (după Van de Graaff, 2000).

- **pia mater** cerebrală este puternic vascularizată şi aderă la suprafaţa structurilor encefalului. Ea trimite prelungiri vasculare în ventriculii cerebrali, numite *plexuri coroide*, cu rol în secreţia continuă a lichidului cerebrospinal. La suprafaţa plexurilor coroide se află un strat de celule gliale, numite *celule ependimare.*

TRUNCHIUL CEREBRAL

În etajul inferior al cutiei craniene se găseşte **trunchiul cerebral**, format de jos în sus din următoarele structuri: *bulbul rahidian*, *puntea* şi *mezencefalul*. Între cele trei etaje, limitele sunt vizibile numai pe faţa antero-laterală, la nivelul a două şanţuri: *şanţul bulbo-pontin* şi *şanţul ponto-peduncular*. În interiorul trunchiului cerebral se găseşte o cavitate, ventriculul al IV-lea, care comunică inferior cu canalul ependimar medular.

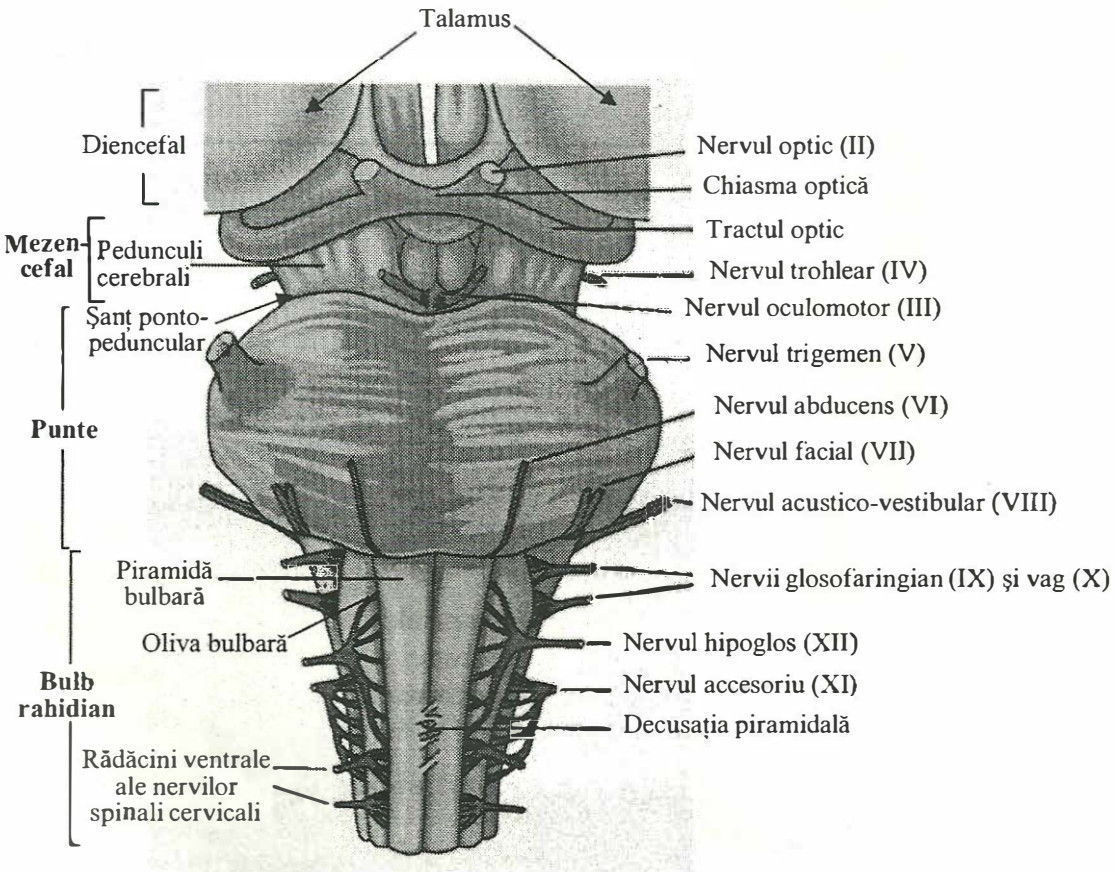


Figura 2.17. Trunchiul cerebral – faţa anterioară şi originile aparente ale nervilor cranieni (după Kandel, Schwartz, Jessell, 2000).

BULBUL RAHIDIAN

Este etajul inferior al trunchiului cerebral, situat în continuarea măduvei spinării, de la nivelul arcului posterior al atlasului în sus. Între cele două structuri nu există o limită de demarcație precisă, de unde și denumirea de *măduva prelungită* dată bulbului. Are forma unui trunchi de con, lung de 3 cm, cu baza mare în sus spre punte și baza mică inferior. Limita inferioară a bulbului corespunde unui plan convențional situat sub decusația piramidelor, iar limita superioară este reprezentată de un șanț transversal, situat între bulb și punte, numit *șanțul bulbopontin.*

Bulbul prezintă două fețe: fața anterolaterală și fața posterioară.

Fața anterolaterală este foarte asemănătoare cu cea a măduvei spinării. Astfel, *fisura mediană anterioară* o continuă pe cea de la nivelul măduvei și se termină superior la nivelul șanțului bulbo-pontin, iar inferior este întreruptă de decusația piramidelor. Lateral de fisură se găsesc *piramidele bulbare*, voluminoase, care continuă cordoanele anterioare medulare, delimitate lateral de *șanțurile anterolaterale bulbare*, continuare a celor medulare. Pe părțile laterale, delimitate de șanțurile antero-lateral și postero-lateral, în partea superioară, se găsesc *olivele bulbare* determinate de nucleii olivari (nuclei proprii ai bulbului).Olivele bulbare sunt mărginite anterior de *șanțurile preolivare* în care își au originea aparentă nervii hipogloși (perechea a XII-a). Posterior, olivele sunt mărginite de *șanțurile retroolivare*, la nivelul cărora își au originea aparentă, de sus în jos, nervii glosofaringieni (perechea a IX-a), nervii vagi (perechea a X-a) și nervii accesori (perechea a XI-a).În șanțul bulbopontin își au originea aparentă, în ordine, trei perechi de nervi cranieni: nervii abducens (perechea a VI-a), nervii faciali (perechea a VII-a) și nervii acustico-vestibulari (perechea a VIII-a).

Fața posterioară. În jumătatea sa inferioară are aceiași configurație ca și măduva spinării. Se observă astfel, *șanțul median posterior* și *fasciculele gracilis* și *cuneat* care prezintă superior nucleii cu același nume (nuclei proprii ai bulbului). Lateral și ascendent se găsesc *pedunculii cerebeloși inferiori* care leagă bulbul de cerebel.

Fața posterioară se lărgește în partea superioară, sub forma unei arii triunghiulare, cu vârful inferior, formând *trigonul bulbar*. Acesta contribuie la

alcătuirea planşeului ventriculului al IV-lea - *fosa romboidă* - împreună cu trigonul pontin, care reprezintă faţa posterioară a punţii.

PUNTEA

Puntea (protuberanţa) este etajul mijlociu al trunchiului cerebral. Este separată de bulb prin şanţul bulbopontin şi de pedunculii cerebrali ai mezencefalului prin *şanţul pontopeduncular*. Are forma unei benzi transversale de substanţă nervoasă, lată de 3 cm, care se continuă lateral şi posterior cu *braţele punţii* sau *pedunculii cerebeloşi mijlocii*.

Faţa anterioară prezintă median *şanţul bazilar,* la nivelul căruia se găseşte artera bazilară. Lateral de acesta se găsesc *piramidele pontine*, continuare a celor bulbare. Între piramidele pontine şi braţele punţii se află originea aparentă a nervilor trigemeni (perechea a V-a).

Faţa posterioară are formă triunghiulară cu vârful superior şi formează *trigonul pontin* al fosei romboide.

MEZENCEFALUL

Mezencefalul este dispus între punte şi diencefal. Prezintă pe faţa anterioară *pedunculii cerebrali,* iar pe cea posterioară, *lama cvadrigemenă*. În interiorul mezencefalului se găseşte *apeductul Sylvius,* un canal îngust care face legătura între ventriculul al III-lea diencefalic şi ventriculul al IV-lea.

Pedunculii cerebrali sunt două cordoane late de substanţă nervoasă, cu dispoziţie divergentă, care delimitează *fosa interpedunculară*. În pofunzimea acesteia se află *substanţa perforată posterioară*, străbătută de vase de sânge. În fosa interpedunculară, pe faţa medială a pedunculilor cerebrali, se află originea aparentă a nervilor oculomotori (perechea a III-a).

Lama cvadrigemenă se găseşte în partea posterioară a mezencefalului şi este formată din *doi coliculi (tuberculi) superiori* şi *doi coliculi inferiori*. Aceştia sunt separaţi între ei prin *şanţul cruciform*. Sub coliculii inferiori se află originea aparentă a nervilor trohleari "patetici" (perechea a IV-a), singurii nervi cranieni care apar pe faţa posterioară a trunchiului cerebral.

STRUCTURA INTERNĂ A TRUNCHIULUI CEREBRAL

Ca şi măduva spinării, trunchiul cerebral este format din substanță cenuşie şi substanță albă. Substanța cenuşie este dispusă central, sub formă de **nuclei**, datorită încrucişării la acest nivel a fasciculelor ascendente şi descendente. Substanța albă se găseşte astfel atât printre nucleii de substanță cenuşie, cât şi periferic.

A. Substanța cenuşie. Unii dintre nucleii trunchiului cerebral au o dispoziție aproximativ segmentară şi sunt perechi, dispuşi simetric la nivelul diferitelor etaje. Ei pot fi grupați în *nuclei ai nervilor cranieni* (motori, senzitivi şi vegetativi) şi *nuclei proprii* ai diferitelor segmente. Acestora li se adaugă un număr imens de mase nucleare dispersate, care constituie *formațiunea reticulată* a trunchiului cerebral.

- **nucleii motori** sunt *nuclei de origine* ai nervilor cranieni motori sau a fibrelor motorii din componența nervilor cranieni micşti, constituind **originea reală (OR)** a acestora.
- **nucleii senzitivi** sunt *nuclei terminali* (de primă stație sinaptică) pentru fibrele senzitive ale nervilor cranieni. Ei conțin neuronii de ordinul al II-lea (deutoneuronii) diferitelor căi ale sensibilității de la nivelul capului.
- **nucleii vegetativi parasimpatici** formează împreună *parasimpaticul cranian*. Ei sunt nuclei visceromotori şi constituie *originea reală a fibrelor preganglionare parasimpatice* care însoțesc unii nervi cranieni (perechea a III-a, a VII-a, a IX-a şi a X-a), constituind componenta parasimpatică a acestora.
- **nucleii proprii** ai trunchiului cerebral (nu au echivalent la nivelul măduvei spinării) intervin în principal, în coordonarea motilității automate, involuntare şi fac parte din sistemul extrapiramidal.
- **formațiunea reticulată a trunchiului cerebral** este formată dintr-un număr mare de mase nucleare dispersate, care coordonează activități vitale şi au rol important în menținerea tonusului cortical.

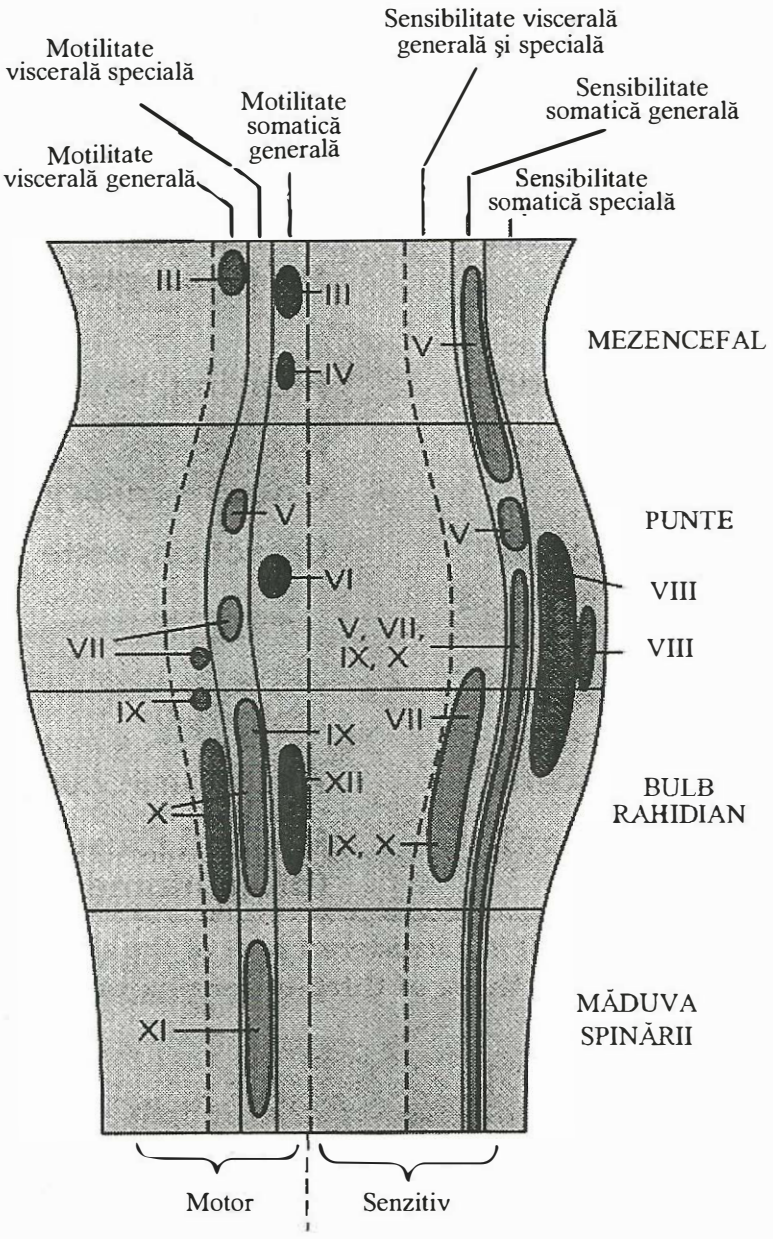


Figura 2.18. Nucleii din trunchiul cerebral (după Kandel, Schwartz, Jessell, 2000).

NUCLEII DIN BULB

I. Nucleii motori

- *nucleul ambiguu* - în care îşi au originea reală fibrele somatomotorii ale nervilor glosofaringian (IX), vag (X) şi accesor (XI).

- *nucleul hipoglosului* constituie originea reală a nervului hipoglos (XII), care inervează muşchii limbii.

II. Nucleii senzitivi

- *nucleul tractului solitar* în care fac sinapsă (prima staţie) *fibrele somatosenzitive* ale nervilor facial (VII), glosofaringian (IX) şi vag (X). Nucleul tractului solitar este o masă nervoasă cu structură şi funcţie complexă. Astfel, în partea sa superioară (*nucleul gustativ*) sosesc fibrele senzitive din componenţa nervilor VII şi IX, care culeg informaţii gustative de la mugurii gustativi de pe limbă, iar prin fibrele nervului vag şi din faringe şi epiglotă. Fibrele senzitive sunt axonii neuronilor senzitivi (de ordinul I) din ganglionii nervoşi de pe traiectul nervilor respectivi. Neuronii din nucleul tractului solitar constituie deutoneuronii căii gustative.

În partea inferioară a nucleului sosesc *fibrele viscerosenzitive* ale nervilor glosofaringian (IX) şi toate fibrele viscerosenzitive ale nervului vag (X). Fibrele viscerosenzitive ale glosofaringianului (nervul Hering) culeg informaţii de la baroreceptorii din sinusul carotidian şi arcul aortic. Fibrele viscerosenzitive ale nervului vag culeg informaţiile de la interoceptorii de la nivelul viscerelor din torace şi abdomen.

- *nucleul tractului spinal al trigemenului* constituie porţiunea bulbară a nucleului senzitiv al nervului trigemen (V). Acesta se întinde ca o coloană de substanţă cenuşie pe toată lungimea trunchiului cerebral. La el sosesc fibrele senzitive (axonii neuronilor de ordinul I din ganglionul trigeminal Gasser), care culeg informaţii exteroceptive - tactile, termice şi dureroase - de la nivelul capului.

III. Nucleii vegetativi

- *nucleul dorsal al vagului* (X) sau *nucleul cardiopneumoenteric* este cel mai mare nucleu vegetativ din trunchiul cerebral. Axonii neuronilor visceromotori din aceşti nuclei constituie aproximativ 90% din totalitatea fibrelor preganglionare parasimpatice din organism, asigurând inervaţia vegetativă a majorităţii organelor din torace şi abdomen.

- *nucleul salivator inferior* constituie originea fibrelor preganglionare parasimpatice care însoțesc nervul glosofaringian (IX). Acest nucleu este centrul reflexului secretor salivar al glandei parotide.

IV. Nucleii proprii

- *nucleul gracilis* (Goll) *şi nucleul cuneat* (Burdach) conțin deutoneuronii căii sensibilității tactile fine şi proprioceptive conştiente, în care fac sinapsă fasciculele spinobulbare.
- olivele bulbare conțin *nucleii olivari inferiori*, care au conexiuni cu cerebelul şi de la nivelul cărora se formează fasciculul olivospinal.
- *nucleii substanței reticulate bulbare* sunt centrii unor reflexe vitale, coordonând activități viscerale, cum ar fi respirația şi funcția cardiacă. Distrugerea bulbului este incompatibilă cu viața. Astfel, în bulb se găsesc următorii centrii reflecşi: **centrul cardio-vascular** include centrii cardiac şi vasomotor. Centrul cardiac controlează forța de contracție a inimii şi ritmul cardiac. Centrul vasomotor reglează presiunea sanguină, acționând asupra musculaturii netede din pereții vaselor de sânge; **centrii respiratori** reglează frecvența respiratorie şi amplitudinea respirației, în asociație cu nucleii pontini; alți centrii coordonează reflexul de vomă, sughițul, deglutiția, tusea.

NUCLEII DIN PUNTE

I. Nucleii motori

- *nucleul masticator* al nervului trigemen (V) constituie originea reală a fibrelor motorii ale nervului, care inervează muşchii masticatori .
- *nucleul nervului abducens* (VI) constituie originea reală a nervului, care inervează muşchiul dreptul extern al globului ocular.
- *nucleul nervului facial* (VII) constituie originea reală a fibrelor somatomotorii ale nervului facial, care inervează muşchii mimicii.

II. Nucleii senzitivi

- *nucleul principal al trigemenului* (V) în care se termină cea mai mare parte a fibrelor senzitive ale nervului.
- *nucleii cohleari* (acustici) ventral şi dorsal, sunt dispuşi între bulb şi punte. La nivelul lor fac sinapsă axonii neuronilor din ganglionul Corti,

care constituie ramura acustică a nervului acusticovestibular (VIII). La nivelul nucleilor cohleari se găsesc deutoneuronii căii acustice.

- *nucleii vestibulari* (superior, medial, lateral şi inferior) formează *complexul nuclear vestibular*, care se extinde şi în bulb. Conţin deutoneuronii căii vestibulare în care se termină axonii neuronilor senzitivi din ganglionul Scarpa. De la nivelul lor se formează şi fasciculul vestibulospinal (extrapiramidal).

III. Nucleii vegetativi

- *nucleul salivator superior* constituie originea reală a fibrelor preganglionare parasimpatice care însoţesc nervul facial (VII). Este centrul reflexului salivar al glandelor salivare sublinguală şi submandibulară.
- *nucleul nazo-lacrimal* de la care pleacă fibre preganglionare parasimpatice pe calea nervului facial (VII), pentru glanda lacrimală şi glandele mucoasei nazale.

IV. Nucleii proprii

- *nucleii pontini* de mici dimensiuni, dispuşi în substanţa albă, cu rol de releu, interpuşi între cortexul cerebral şi cerebel, pe calea cortico-ponto-cerebeloasă.
- *nucleii olivari superiori* sunt nuclei acustici suplimentari, cu rol în localizarea sunetelor.

NUCLEII DIN MEZENCEFAL

I. Nucleii motori

- *nucleul nervului oculomotor comun* (III) constituie originea reală a fibrelor somatomotorii ale nervului care asigură inervaţia mai multor muşchi extrinseci ai globului ocular (muşchiul drept superior, drept inferior, drept intern, oblic inferior şi muşchiul ridicător al pleoapei superioare).
- *nucleul nervului trohlear* (IV) constituie originea reală a nervului, care asigură inervaţia muşchiului oblic superior al globului ocular.

II. Nucleii senzitivi

- *nucleul tractului mezencefalic al trigemenului* (V). Este singurul nucleu senzitiv din trunchiul cerebral care conține protoneuroni (neuroni de ordinul I), la care sosesc informații proprioceptive de la mușchii extrinseci ai globului ocular și parțial de la mușchii masticatori și ai mimicii.

III. Nucleii vegetativi

- *nucleul accesor al oculomotorului* (III) numit și *nucleul Edinger-Westphal*, situat în apropierea nucleului motor. Constituie originea reală a fibrelor preganglionare parasimpatice ale nervului oculomotor comun. El este centrul reflexului pupilo-constrictor.

IV. Nucleii proprii

- *substanța neagră* (substantia nigra) este un nucleu de mari dimensiuni, a cărui culoare se datorează pigmentului melanic conținut. Melanina este precursor al *dopaminei*, un neurotransmițător central, sintetizat de substanța neagră (nucleu dopaminergic). Funcțional, substanța neagră este un centru al motilității involuntare. Prin intermediul *tractului nigrostriatal*, substanța neagră este conectată cu corpii striați de la baza emisferelor cerebrale, exercitând prin intermediul dopaminei, efecte inhibitorii asupra acestora. Distrucții ale substanței negre sau ale fibrelor nigrostriatale dopaminergice constituie cauza *bolii Parkinson*.
- *nucleul roșu* (nucleus ruber) este situat între substanța neagră și apeductul Sylvius. Culoarea roșie a acestui nucleu se datorează unui pigment de fier conținut de neuronii săi și bogatei sale vascularizații. Nucleul roșu este un important centru extrapiramidal, interpus între etajele superioare și măduva spinării, cu rol în modularea mișcărilor și a tonusului muscular. Primește aferențe de la scoarța cerebrală, corpii striați și cerebel și trimite eferențe la cerebel (rubrocerebeloase) și măduva spinării (tractul rubrospinal).
- *colicului cvadrigemeni,* doi superiori și doi inferiori, formează lama cvadrigemenă, dispusă în partea dorsală a mezencefalului. Sunt centrii subcorticali: cei superiori sunt legați de *reflexe vizuale,* iar cei inferiori,

de *reflexe acustice* şi de localizare a sunetelor. Comandă mişcările oculocefalogire şi acusticocefalogire (întoarcerea capului şi a globilor oculari în direcţia unui stimul vizual sau acustic).

B. Substanţa albă

Substanţa albă este alcătuită din fascicule ascendente, fascicule descendente şi fascicule de asociaţie, care nu părăsesc trunchiul cerebral.

Fasciculele ascendente sunt cele întâlnite şi la nivelul măduvei spinării, care tranzitează trunchiul în drumul lor spre talamus, cărora li se adaugă şi fibre provenite de la nivelul nucleilor senzitivi şi care asigură sensibilitatea extremităţii cefalice. Acestea din urmă formează următoarele fascicule:

- *lemniscul trigeminal* – format din axonii deutoneuronilor din nucleul senzitiv al trigemenului şi conduce sensibilitatea extero- şi proprioceptivă a capului.
- *lemniscul lateral* – format din axonii deutoneuronilor din nucleii cohleari (acustici), după decusaţia lor pe linia mediană.. Aceste fibre ajung la corpii geniculaţi interni metatalamici.
- *fasciculul gustativ ascendent* începe la nivelul nucleului tractului solitar din bulb şi urcă la talamus.
- *lemniscul medial* – format din axonii deutoneuronilor din nucleii Goll şi Burdach, după decusaţia lor pe linia mediană. Acesta este o continuare a fasciculelor spino-bulbare Goll şi Burdach şi conduce sensibilitatea exteroceptivă tactilă fină şi propriceptivă conştientă.

Fasciculele descendente sunt formate din fibre care conduc comenzile elaborate la nivelul centrilor superiori, corticali sau subcorticali, la măduva spinării. Unele fibre nervoase fac sinapsă la nivelul nucleilor motori ai trunchiului (tractul cortico-nuclear), coordonând activitatea musculaturii capului. Fasciculele descendente sunt *fascicule piramidale* ale motilităţii voluntare (fascicule corticospinale şi fascicule corticonucleare) şi *fascicule extrapiramidale*, ale motilităţii automate şi semivoluntare. Acestea din urmă, în funcţie de originea lor, străbat în sens descendent toate etajele trunchiului (fasciculul tectospinal, fasciculul rubrospinal, fasciculul nigrospinal şi

fasciculul reticulospinal) sau numai bulbul rahidian (fasciculul vestibulospinal şi fasciculul olivospinal).

CEREBELUL

Cerebelul ocupă partea posterioară şi inferioară a cutiei craniene, fiind dispus posterior de trunchiul cerebral. Partea sa superioară este acoperită parţial de emisferele cerebrale. Cerebelul are formă ovoidă şi o greutate de apoximativ 140 g. Este legat de structurile truchiului cerebral prin *pedunculii cerebeloşi*: prin cei *inferiori* se leagă de bulbul rahidian, prin cei *mijlocii* de punte, iar prin cei *superiori* de mezencefal. Cele trei perechi de pedunculi cerebeloşi conţin numeroase fibre aferente şi eferente, prin intermediul cărora cerebelul este conectat cu numeroase structuri nervoase.Cerebelul este format dintr-o porţiune mediană, numită ***vermis*** şi din ***emisferele cerebeloase***, dispuse de-o parte şi de alta a acestuia. El prezintă trei feţe: faţa superioară, faţa inferioară şi faţa anterioară. *Faţa superioară* este despărţită prin cortul cerebelului de lobii occipitali ai emisferelor cerebrale, *faţa inferioară* vine în raport cu fosele cerebeloase ale osului occipital, iar *faţa anterioară* participă la formarea plafonului ventriculului al IV-lea. Suprafaţa cerebelului prezintă numeroase şanţuri paralele, care îl împart în *lobi*, *lobuli* şi *lamele*.

Structura internă

Cerebelul este format din substanţă cenuşie şi substanţa albă. **Substanţa cenuşie** este dispusă la periferie, unde formează ***scoarţa cerebeloasă*** şi în interior, unde formează ***nucleii cerebeloşi***. La nivelul vermisului se găsesc *nucleii fastigiali*, iar în emisferele cerebeloase *nucleii dinţaţi*, *emboliformi* şi *globuloşi*. Substanţa albă este dispusă la interior şi prezintă, în secţiune sagitală, aspectul unui arbore, de unde şi denumirea de "arborele vieţii".

Din punct de vedere funcţional şi filogenetic, cerebelul poate fi împărţit în trei zone: arhecerebelul, paleocerebelul şi neocerebelul. *Arhecerebelul* are conexiuni aferente (fasciculul vestibulo-cerebelos) şi eferente (fasciculul cerebelo-vestibular) cu nucleii vestibulari bulbari şi intervine în menţinerea echilibrului. *Paleocerebelul* are rol în reglarea tonusului muscular, la nivelul lui sosind fasciculele spino-cerebeloase. *Neocerebelul* are legături cu cortexul cerebral motor şi intervine în coordonarea mişcărilor voluntare complexe.

DIENCEFALUL

Diencefalul este situat între mezencefal şi emisferele cerebrale. În interiorul său se găseşte *ventriculul al III-lea diencefalic*. Este format din mai multe structuri nervoase dispuse în jurul ventriculului al III-lea şi care constituie pereţii acestuia: *talamusul*, *epitalamusul*, *hipotalamusul* şi *metatalamusul*. Diencefalul este acoperit aproape în întregime de emisferele cerebrale, observându-se doar porţiunea sa inferioară, hipotalamică, delimitată anterior de chiasma optică şi lateral de tracturile sau bandeletele optice. La acest nivel se observă *tuberculul cenuşiu*, *infundibulul* de care este ancorată glanda hipofiză şi *corpii mamilari*.

Talamusul

Talamusul este format din *două mase de substanţă cenuşie* de formă ovoidă care formează pereţii laterali ai ventriculului III, unite între ele prin *masa intermediară*. În structura lui se găsesc ***nucleii talamici***, sub forma a trei grupe nucleare principale: *anterioare*, *mediale* şi *laterale* care constituie staţii obligatorii, de releu, pentru toate căile ascendente senzitivo-senzoriale, cu excepţia căii olfactive. La nivelul nucleilor talamici se găseşte al III-lea neuron pentru căile sensibilităţii exteroceptivă, proprioceptivă conştientă şi interoceptivă.

Hipotalamusul

Hipotalamusul formează planşeul ventriculului al III-lea. La nivelul lui se găsesc nuclei formaţi din *neuroni secretori* de *neurohormoni*: ***nucleii supraoptici*** şi **paraventriculari** (secretă ocitocina şi hormonul antidiuretic) şi ***nucleii tuberali*** (secretă factorii activatori şi inhibitori ai secreţiilor adenohipofizei). Hipotalamusul prezintă numeroase conexiuni cu cortexul cerebral, nucleii bazali, retină, talamus şi cerebel. Conexiunile hipotalamusului cu glanda hipofiză sunt reprezentate de tractusul hipotalamo-hipofizar şi de sistemul vascular port hipotalamo-adenohipofizar. ***Tractul hipotalamo-hipofizar*** este format din axonii neuronilor din nucleii supraoptici şi paraventriculari, de-a lungul cărora ajung la neurohipofiză (organ de depozit şi eliberare), ocitocina şi hormonul antidiuretic. Hipotalamusul are şi legături vasculare cu hipofiza, prin ***sistemul port hipotalamo-hipofizar***. Acest sistem transportă *factorii activatori* şi *inhibitori* care modulează secreţia de hormoni ai

adenohipofizei. Prin aceste conexiuni hipotalamusul are rol major în coordonarea sistemului endocrin.

Hipotalamusul este şi *centrul superior de integrare* al sistemului nervos vegetativ. Astfel, porţiunea *anterioară* a hipotalamusului controlează *parasimpaticul cranian* şi *sacral*, iar porţiunea *posterioară* coordonează *centrii simpatici* din măduva spinării.

Epitalamusul

Epitalamusul formează plafonul ventriculului al III-lea. Este format din **nucleii habenulari** şi **epifiză** (glanda pineală), glandă cu secreţie internă. Nucleii habenulari intervin în răspunsurile emoţionale şi viscerale induse de stimulii olfactivi, iar glanda epifiză intervine în declanşarea pubertăţii şi în ritmul somn-veghe.

Metatalamusul

Metatalamusul este situat posterior şi inferior de talamus. Este format din **corpii geniculaţi laterali** şi **mediali**. Calea optică are neuronul al III-lea în corpul geniculat lateral, iar în corpul geniculat medial se află al IV-lea neuron al căii acustice.

EMISFERELE CEREBRALE

Constituie partea cea mai dezvoltată a encefalului uman, reprezentând aproximativ 83% din întreaga sa masă. Emisferele cerebrale sunt despărţite incomplet prin *fisura interemisferică*, în care pătrunde un sept al durei mater, numit coasa creierului. La baza fisurii interemisferice se găseşte *corpul calos*, bandă de substanţă albă, care interconectează emisferele între ele.

Configuraţia externă

Emisferele cerebrale au formă ovoidă şi fiecare prezintă trei feţe: *faţa laterală* (externă), *faţa medială* (internă) şi *faţa bazală* (inferioară). La suprafaţa emisferelor cerebrale se observă şanţuri adânci, numite **scizuri**, care împart emisferele în **lobi cerebrali** şi şanţuri mai puţin adânci, numite **sulci**, care împart lobii în **giri** sau **circumvoluţiuni cerebrale**. Astfel, pe faţa laterală se observă 3 scizuri: *scizura centrală Rolando*, *scizura laterală Sylvius* şi *scizura parieto-occipitală externă* (Fig. 2.19). Faţa medială prezintă *scizura corpului*

calos, *scizura cinguli*, *scizura parieto-occipitală* internă şi *scizura calcarină*. **Lobii** emisferelor cerebrale se denumesc după oasele craniului cu care vin în raport: *lobul frontal* este aşezat anterior de scizura centrală; *lobul parietal* situat posterior de aceasta; *lobul temporal* este situat inferior de scizura laterală, iar *lobul occipital* este aşezat posterior de lobii parietal şi temporal. În profunzimea scizurii laterale se află *lobul insulei Reil*. Pe faţa bazală a emisferelor, la nivelul lobilor frontali, se află *lobii olfactivi*.

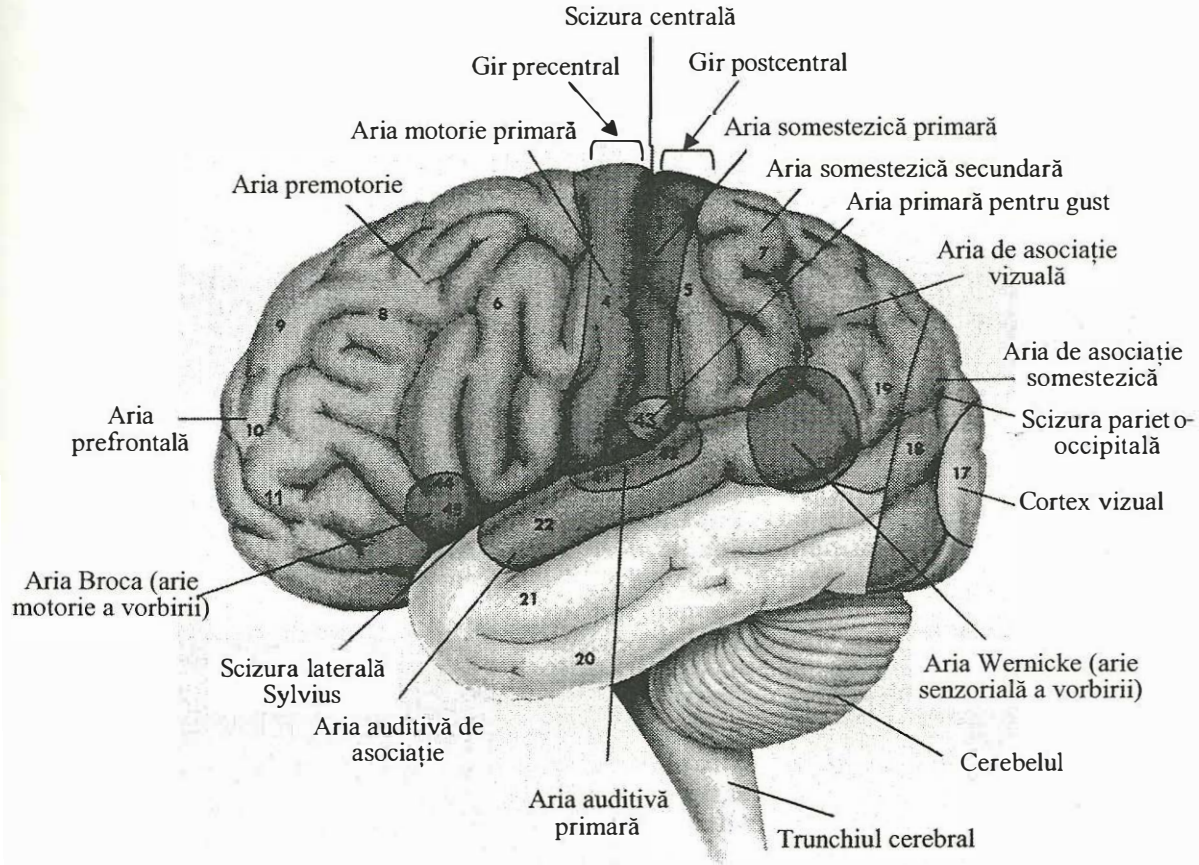


Figura 2.19. Ariile corticale (după Seeley, Stephens, Tate, 1992).

Lobii cerebrali sunt formaţi din giri cerebrali (circumvoluţiuni), delimitaţi de sulci. Astfel, lobul frontal prezintă 4 giri: frontal superior, mijlociu, inferior şi *girul precentral*; lobul parietal prezintă 3 giri, dintre care *girul postcentral*; lobul temporal prezintă 5 giri, dintre care 3 sunt situaţi pe faţa laterală, iar următorii pe feţele medială şi inferioară, dintre care face parte şi *girul parahipocampului*; lobul occipital este format din 6 giri cerebrali.

Structura internă

Emisferele cerebrale sunt constituite din substanță cenușie și substanță albă.

A. **Substanța cenușie** este dispusă la suprafață, unde formează **scoarța cerebrală** (cortexul cerebral) și la baza emisferelor, unde formează **nucleii bazali.**

a. Scoarța cerebrală

Scoarța cerebrală sau *cortexul cerebral* este centrul superior de integrare a tuturor funcțiilor somatice și vegetative ale organismului. Are o grosime de 2-4 mm și este formată din circa 14 miliarde de neuroni. Are o suprafață totală de aproximativ 2200 cm^2, aproape jumătate fiind dispusă în interiorul scizurilor și sulcilor.

Alcătuirea scoarței cerebrale nu este uniformă, ea prezentând două zone cu structuri diferite: o zonă formată din 2-3 straturi celulare, de mică întindere, netedă, dispusă cu precădere pe fețele medială și bazală, numită ***allocortex*** și o zonă formată din 6 straturi celulare, care constituie restul scoarței, numită ***izocortex*** sau ***neocortex***. Cele 6 straturi ale neocortexului sunt: *stratul molecular*, *granular extern*, *piramidal extern*, *granular intern*, *piramidal intern* și *fusiform*.

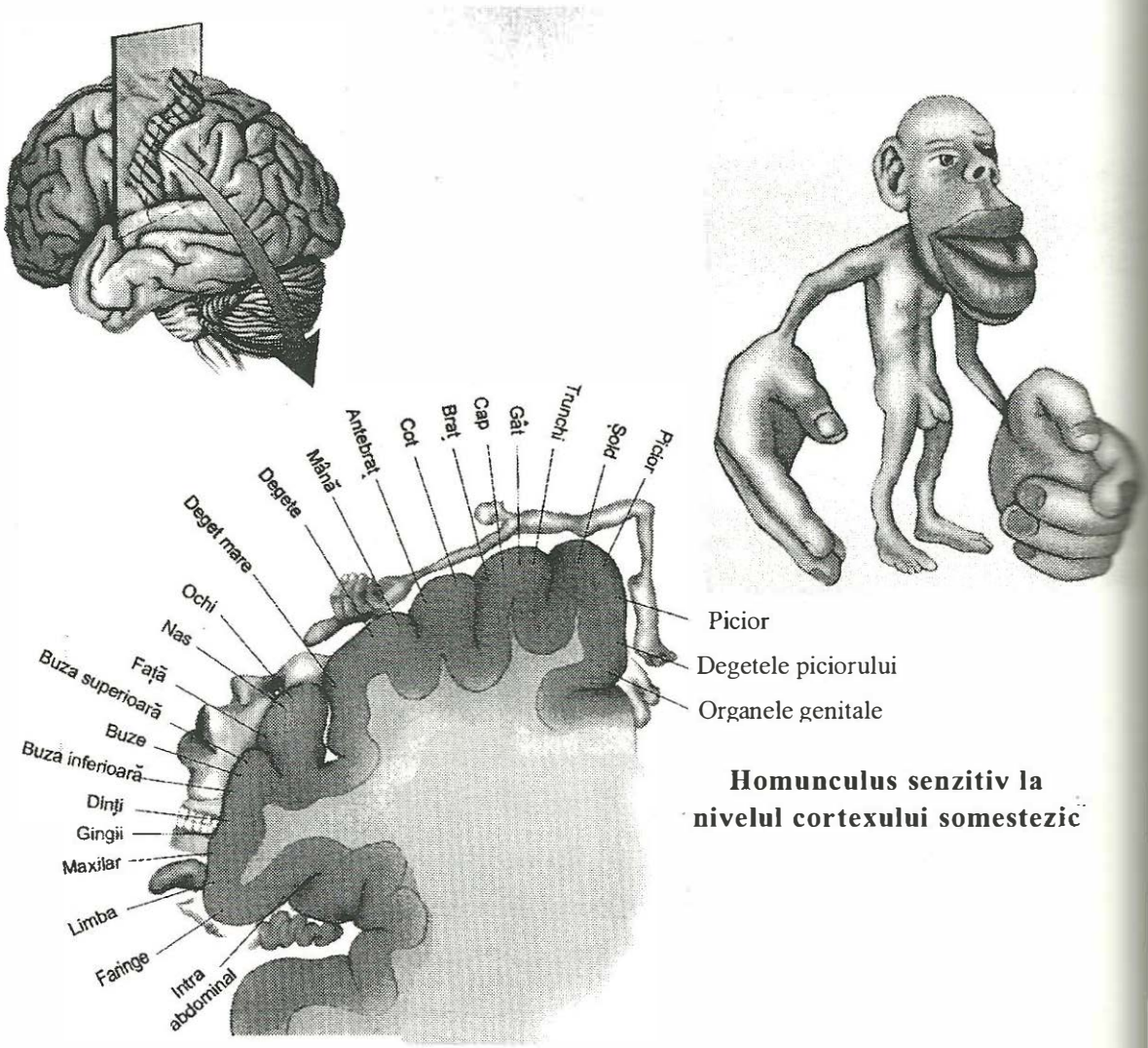
Funcțional, straturile granulare sunt **receptoare**, iar cele piramidale sunt **motorii**. La nivelul scoarței lobilor parietali, occipitali și temporali predomină straturile granulare, formând *cortexul receptor*, *senzitivo-senzorial*, iar la nivelul lobului frontal predomină straturile piramidale, formând *cortexul motor*. Astfel, din punct de vedere funcțional, corespunzător citoarhitecturii sale, la nivelul scoarței cerebrale se găsesc **arii corticale** cu funcții precise: **senzitivo-senzoriale**, **motorii**, **de asociație** și **vegetative** (Fig. 2.19.). Prima harta numerică a acestor arii a fost întocmită de neurofiziologul **Brodmann**, la începutul secolului XX, el descriind în jur de 50 de arii corticale. Astăzi se cunosc peste 200.

Ariile senzitivo-senzoriale sunt localizate la nivelul lobilor parietali, occipitali și temporali:

- *aria somato-senzitivă primară* sau *somestezică* SI (ariile 3, 1, 2 Brodmann) este situată la nivelul girului postcentral din lobul parietal. Aici se proiectează căile sensibilității extero- şi proprioceptive şi are loc discriminarea spațială a acestora, adică identificarea zonei corporale din care a venit excitația. La nivelul acestei arii este reprezentat spațial întreg corpul, alcătuind **homunculus-ul senzitiv**. Cele mai întinse zone ale acestuia sunt cele corespunzătoare feței şi mânii, care sunt şi regiunile cele mai sensibile ale corpului, prezentând la nivelul lor cei mai mulți receptori periferici (Fig. 2.20).
- *aria somato-senzitivă secundară* SII (ariile 5, 7 Brodmann) se găseşte posterior de girusul postcentral în lobul parietal şi integrează aferențele somatice sosite de la întreg corpul.
- *ariile vizuale* (ariile 17, 18 19 Brodmann) sunt cele mai întinse arii senzoriale, situate pe fața medială a lobului occipital, de-a lungul scizurii calcarine.
- *ariile auditive* (aria 41, 42 Brodmann) se găsesc în girusul temporal superior, sub scizura Sylvius.
- *ariile gustative* (aria 43 Brodmann) se găsesc în partea inferioară a girusului postcentral, corespunzător limbii homunculus-ului senzitiv.
- *ariile vestibulare* sunt localizate la baza girusului postcentral.

Ariile motorii sunt localizate la nivelul lobilor frontali şi controlează activitățile motorii ale organismului.

- *aria somato-motorie primară* sau *aria motricității voluntare* (aria 4 Brodmann) se găseşte la nivelul girului precentral, în lobul frontal. La nivelul acestei arii este reprezentat deformat întreg corpul, alcătuind **homunculus-ul motor**. În alcătuirea lui, zonele cele mai întinse sunt fața şi mâna. Din această arie pleacă o parte din fibrele care formează **căile piramidale**, respectiv *fasciculele cortico-spinale* şi *fasciculele cortico-nucleare*, care se termină în nucleii motori ai trunchiului cerebral.



Homunculus senzitiv la nivelul cortexului somestezic

Figura 2.20. Aria somestezică (după Bear, Connors, Paradiso, 2001).

- *aria premotorie* sau *aria motricității semivoluntare* sau *automate* este o zonă mai întinsă a lobului frontal, cuprinzând ariile 6 şi 8 Brodmann, dispusă anterior de aria motorie primară. Această arie reprezintă una din principalele origini ale **fibrelor extrapiramidale** cu traiect descendent spre centrii subcorticali: corpii striați, nucleul roşu şi substanța neagră.
- *aria prefrontală* (ariile 9, 10, 11 Brodmann) este situată în partea anterioară a lobului frontal. Această arie este foarte dezvoltată la om şi are funcții complexe, fiind implicată în motivație, memorie şi comportament.

Ariile de asociație au o mare întindere și sunt secundare și terțiare (gnostice). Ariile de asociație secundare sunt dispuse în jurul ariilor primare senzitivo-senzoriale și motorii. Ele realizează integrarea informațiilor din ariile primare într-un tot unitar. Ariile de asociație terțiare (gnostice) integrează informații de la mai multe arii de asociație secundare, fiind implicate în realizarea funcțiilor nervoase superioare.

Ariile vegetative sunt zone ale scoarței cerebrale implicate în reglarea activității organelor interne, având conexiuni multiple cu hipotalamusul. Sunt dispuse pe *fețele medială* și *inferioară* a *lobilor frontali* și în *girul parahipocampic* al lobilor temporali.

b. Nucleii bazali

Nucleii bazali sunt mase de substanță cenușie dispuse la baza emisferelor cerebrale, între talamus și lobul insulei. Sunt formați din nucleul caudat, nucleul lenticular, claustrum și corpul amigdalian. Nucleii bazali sunt separați prin fascicule de fibre albe, numite *capsule albe*: *internă* (între nucleul caudat și lenticular), *externă* (între nucleul lenticular și claustrum) și *extremă* (între claustrum și lobul insulei). *Nucleii caudat* și *lenticular* se numesc ***corpii striați*** și din punct de vedere funcțional sunt *centrii motori extrapiramidali*. Ei primesc impulsuri de la cortexul cerebral, talamus și substanța neagră și trimit eferențe la numeroși nuclei din trunchiul cerebral, coordonând activitatea motorie automată sau semivoluntară. *Amigdala* sau corpul amigdalian modulează funcții vegetative și endocrine și intervine în comportamentul emoțional și în memorie.

B. Substanța albă se află în partea centrală a emisferelor cerebrale și este formată din trei tipuri de fibre nervoase:

- ***fibrele de asociație*** leagă între ele diferite regiuni ale aceleiași emisfere.
- ***fibrele comisurale*** leagă cele două emisfere între ele, asigurând funcționarea lor simultană. Acestea formează comisurile cerebrale, reprezentate de *corpul calos* (cea mai mare comisură a creierului), ***comisura albă anterioară*** și ***fornixul.***

- ***fibrele de proiecție*** sunt ascendente și descendente, realizând conexiunile scoarței cerebrale cu etajele inferioare ale axului cerebrospinal. Ele formează capsula albă internă.

VENTRICULII CEREBRALI

Sunt patru cavități situate în profunzimea encefalului, care comunică între ele și conțin lichid cerebrospinal, secretat la nivelul lor de plexurile coroide. Se numerotează cu cifre romane (Fig. 2.21).

Ventriculii laterali (I* și *II) se găsesc în interiorul emisferelor cerebrale, sub corpul calos. Sunt separați printr-o formațiune mediană, care se întinde între corpul calos și fornix, numită *septum pellucidum*. Plafonul ventriculilor laterali este format de corpul calos. Ventriculii telencefalici comunică cu ventriculul al III-lea diencefalic prin *orificiile interventriculare Monro*. Fiecare ventricul lateral prezintă câte 3 prelungiri, numite *coarne*: cornul anterior în lobul frontal, cornul posterior în lobul occipital și cornul inferior în lobul temporal.

Ventriculul al III-lea este dispus la nivelul diencefalului, iar pereții săi sunt formați din structurile acestuia. Astfel, plafonul ventriculului este format de epitalamus, planșeul de către hipotalamus, iar pereții laterali sunt formați de talamus. Ventriculul diencefalic comunică inferior cu *apeductul Sylvius*, un canal îngust din interiorul mezencefalului, iar acesta se continuă cu ventriculul al IV-lea.

Ventriculul al IV-lea este situat posterior de punte și bulb și anterior de cerebel. Planșeul ventriculului este format de fosa romboidă, constituită din fețele posterioare ale bulbului și punții, iar plafonul este format în partea superioară de cerebel și inferior de plexul coroid al ventriculului al IV-lea. El comunică prin 3 orificii, situate pe peretele său posterior, cu spațiul subarahnoidian cerebral și spinal: două orificii laterale (găurile Luschka) și un orificiu situat median (gaura Magendie). Inferior comunică cu canalul ependimar din centrul măduvei spinării (Fig. 2.22).

În interiorul ventriculilor cerebrali se găsesc *plexurile coroide,* care sunt prelungiri vascularizate ale piei mater - capilare sanguine învelite de un strat de celule ependimare. Plexurile coroide secretă lichidul cerebrospinal.

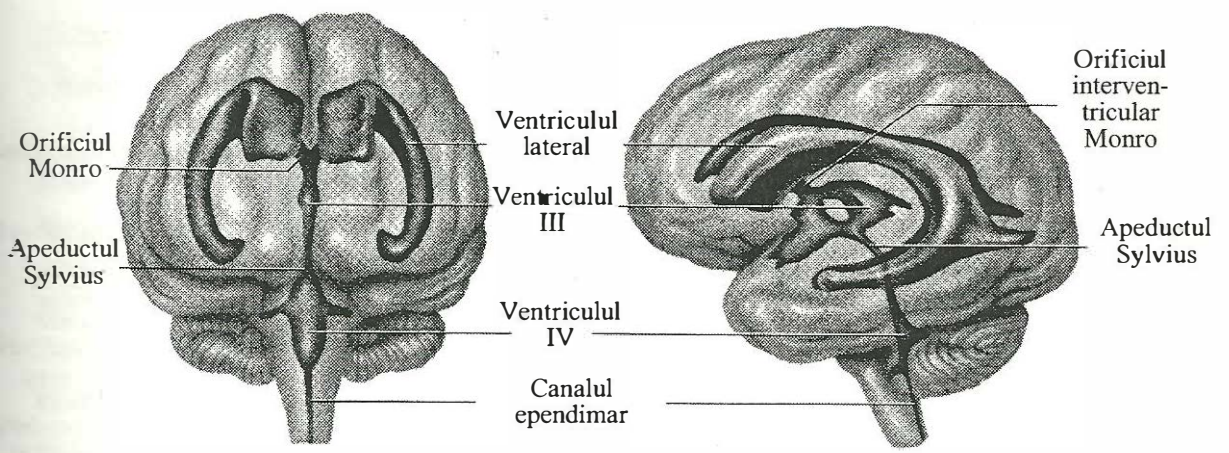


Figura 2.21. Ventriculii cerebrali (după Van De Graaff, 2000).

LCR-ul este o soluție apoasă limpede, asemănătoare plasmei sanguine din care provine. Compoziția sa diferă însă de aceasta, conținând mai puține proteine, mai puțină vitamina C şi glucoză şi având concentrații ionice diferite de sodiu, clor şi magneziu.

Cantitatea de LCR este de aproximativ 150-200 ml şi se menține constantă prin secreția şi resorbția sa continuă. El este reînoit, înlocuit la 3-4 ore, astfel încât se formează aproximativ 1000 ml/zi.

Circulația lichidului cerebrospinal. Odată produs, LCR-ul circulă liber prin ventriculi, canalul ependimar şi spațiul subarahnoidian. Prin orificiile ventriculului al IV-lea trece în spațiul subarahnoidian, coboară pe fața posterioară a măduvei spinării, apoi urcă pe fața anterioară a acesteia, ajungând în spațiul subarahnoidian cerebral. De la acest nivel el va fi resorbit în sângele venos al creierului prin *vilozitățile arahnoidiene*, situate în sinusurile durei mater cerebrale (Fig. 2.22).

Circulația constantă a LCR-ului este asigurată şi de cilii lungi ai celulelor ependimare.

!! Dacă există obstacole în calea circulației libere a lichidului cerebrospinal, se produce acumularea sa la nivelul ventriculilor, ceea ce determină creşterea presiunii intracraniene şi tulburări nervoase prin compresia țesutului nervos.

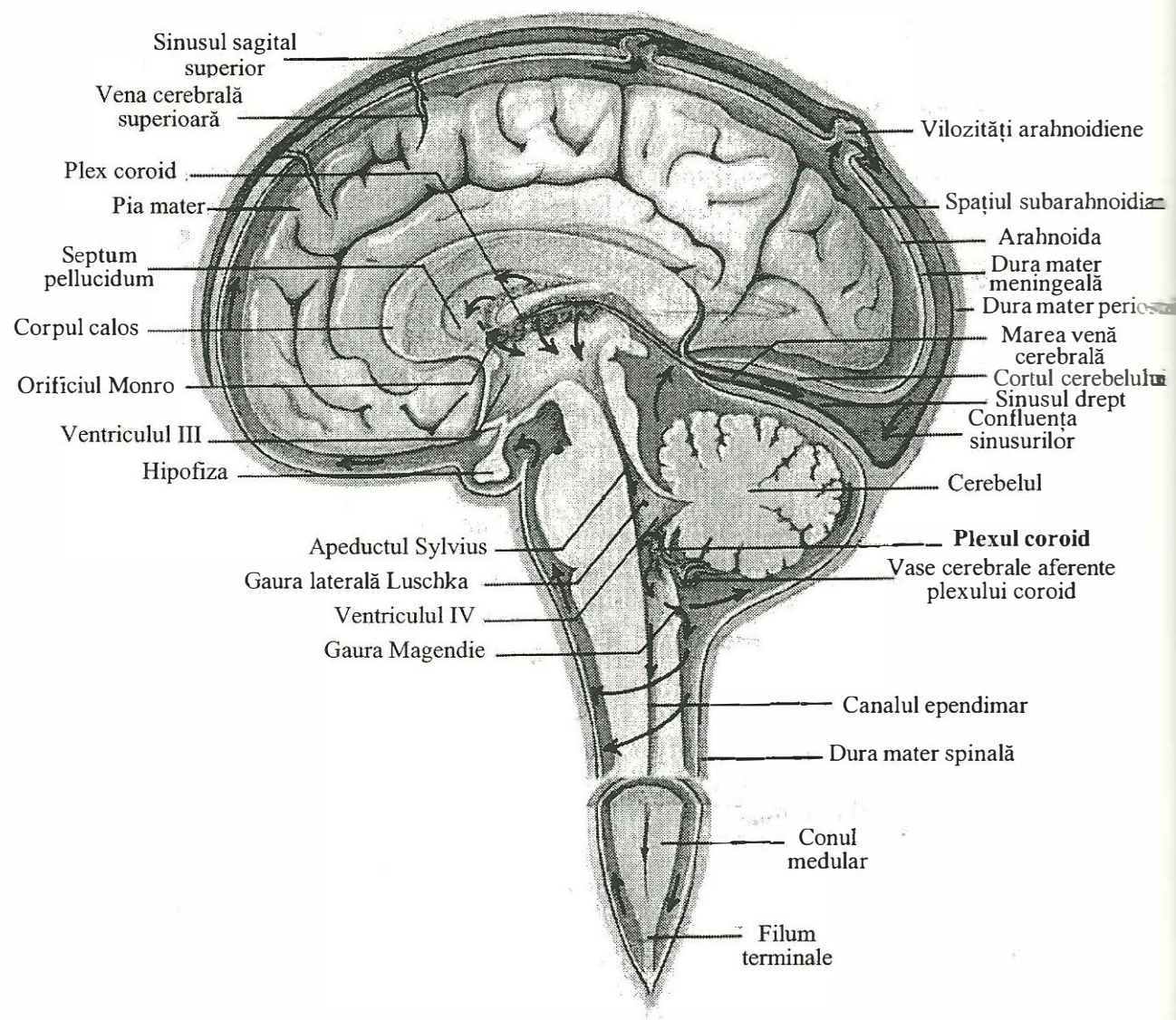


Figura 2.22. Circulația lichidului cerebrospinal (după Marieb, 1999).

BARIERA HEMATO-ENCEFALICĂ.

Este un concept funcțional, constituind *un mecanism de protecție* al țesutului nervos de la nivelul encefalului. Baza anatomică a barierei hemato-encefalice o constituie în parte *astrocitele*, celule gliale care învelesc capilarele sanguine şi le ancorează de neuroni, intervenind activ în schimburile dintre sânge şi țesutul nervos. De asemenea, însuşi endoteliul capilarelor sanguine, care la nivelul encefalului sunt *capilare de tip continuu,* permițând numai anumitor substanțe să treacă din sânge la nivelul țesutului.

Bariera hemato-encefalică este o barieră *selectivă* şi nu absolută, fiind permeabilă pentru nutrimente (glucoză, aminoacizi esenţiali, acizi graşi), oxigen, dioxid de carbon, alcool şi nicotină şi, de asemenea, pentru unele anestezice. Nu este permeabilă pentru uree, creatinină, alţi produşi de dezasimilaţie, proteine, hormonii circulanţi, unele toxine şi pentru cele mai multe medicamente.

Structura barierei nu este uniformă, există zone ale encefalului unde este "deschisă", fapt care permite moleculelor din sânge accesul la ţesutul nervos. *Centrul vomei* situat la nivelul bulbului rahidian este o zonă deschisă, detectând existenţa în sânge a substanţelor toxice, chimice sau toxine bacteriene. Se consideră că şi la nivelul hipotalamusului, centrul superior de control al metabolismului, bariera hemato-encefalică este deschisă.

VASCULARIZAŢIA ENCEFALULUI

A. Vascularizaţia arterială este asigurată de ramurile intracraniene ale *arterelor carotide interne* şi ale *arterelor vertebrale,* care formează două mari teritorii arteriale: teritoriul carotidian şi teritoriul vertebro-bazilar, interconectate între ele (Fig. 2.23).

1.***Teritoriul carotidian***. *Arterele carotide interne* pătrund în craniu prin canalul carotidian din stânca temporalului şi se dispun de o parte şi de alta a corpului sfenoidului, dând ramuri care asigură vascularizaţia părţii anterioare a encefalului.

- *Arterele oftalmice* pătrund în orbite prin fisura cerebrală şi asigură vascularizaţia globului ocular, glandei lacrimale, pleoapelor, tegumentul frunţii şi o parte a cavităţii nazale.
- *Arterele cerebrale anterioare* legate între ele prin *artera comunicantă anterioară*, vascularizează lobii frontali şi parietali.
- *Arterele cerebrale mijlocii* se dispun pe şanţurile laterale Sylvius şi vascularizează lobii parietali şi temporali.
- *Arterele coroidiene* formează plexurile coroide, secretoare de LCR, din ventriculii cerebrali.

- *Arterele comunicante posterioare* se anastomozează cu arterele cerebrale posterioare, care sunt ramuri terminale ale arterei bazilare.

2.*Teritoriul vertebro-bazilar*. *Arterele vertebrale*, ramuri din arterele subclaviculare, pătrund în craniu prin marele foramen, se unesc şi formează *artera bazilară*. Aceasta se dispune pe faţa anterioară a punţii la nivelul şanţului bazilar. Din artera bazilară se formează ramuri arteriale care vascularizează bulbul, puntea şi mezencefalul, precum şi cerebelul. Ramurile terminale ale arterei bazilare - *arterele cerebrale posterioare* - se anastomozează cu arterele comunicante posterioare, ramuri ale arterelor carotide interne, interconectând cele două teritorii vasculare.

Se formează astfel pe faţa bazală a encefalului ***poligonul*** sau ***cercul arterial*** (Willis), care uneşte cele două mari teritorii arteriale. Şunturile arteriale formate acţionează prin egalizarea presiunii arteriale în cele două arii vasculare cerebrale şi prin asigurarea unor căi alternative pentru sângele arterial, dacă una din ramuri este obliterată.

Din poligonul Willis se mai desprind următoarele ramuri: *ramuri corticale* lungi, pe traiectul scizurilor şi sulcilor de la suprafaţa emisferelor cerebrale; *ramuri perforante* care pătrund în substanţa albă a emisferelor, străbătând aşa-numitele spaţii perforate: *spaţiul perforat anterior* (la nivelul trigonului olfactiv) şi *spaţiul perforat posterior* (între pedunculii cerebrali). Ramurile arteriale nu se anastomozează între ele, de aceea în tromboze sau embolii se produc ischemii şi ramolismente ale teritoriilor cerebrale corespunzătoare.

B. Vascularizaţia venoasă

Sângele venos al creierului este colectat de vene cerebrale superficiale şi profunde, cu traiect diferit de al arterelor. Venele cerebrale se varsă în *sinusurile durei mater*, formate prin dedublarea durei mater cerebrală. Sinusurile durale sunt mari colectoare venoase din cutia craniană, cu pereţi improprii, avalvulare, prin care sângele circulă în ambele direcţii, fapt care favorizează egalizarea presiunii sângelui la nivel intracranian. Sinusurile durale se continuă între ele şi sângele ajunge, în final, în cele două *vene jugulare interne*, situate la baza craniului (Fig. 2.24).

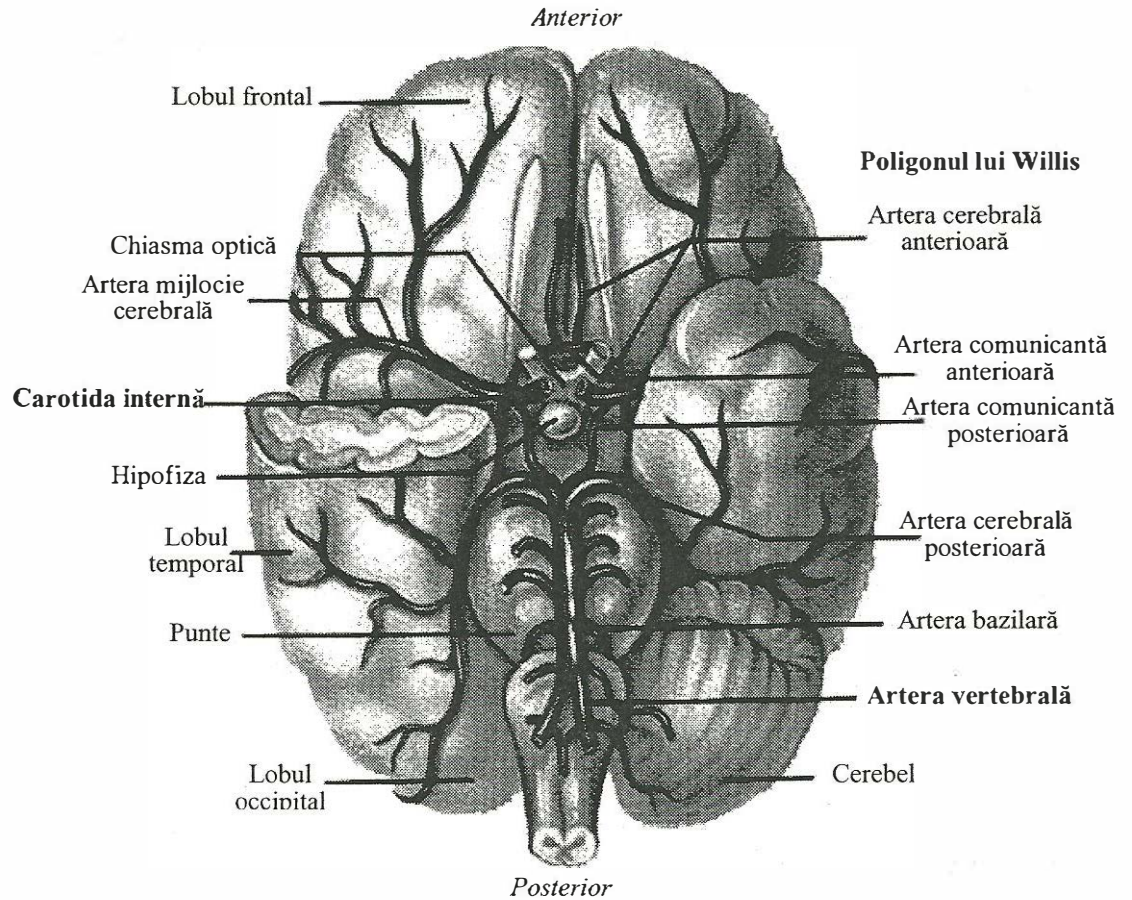


Figura 2.23. Vascularizația arterială a encefalului și poligonul arterial (după Marieb, 1999).

Sinusul sagital superior și *sinusul sagital inferior* sunt situate la nivelul coasei creierului, un sept al durei mater, care pătrunde adânc între cele două emisfere cerebrale. Sinusul sagital superior se varsă în *confluența sinusurilor*, situată în dreptul protuberanței occipitale interne. Sinusul sagital inferior se continuă posterior cu *sinusul drept*, care se deschide tot în confluența sinusurilor.

Din confluența sinusurilor se formează o pereche de sinusuri durale mari, numite *sinusurile transverse* care se întind până la baza stâncii temporalului. De aici, ele se continuă cu *sinusurile sigmoide* până la găurile jugulare (orificiile sfâșiate posterioare) ale bazei craniului. De la acest nivel se formează venele jugulare interne.

Pe părțile laterale ale osului sfenoid se găsesc *sinusurile cavernoase*, în care se varsă sângele venos adus din orbite de către *venele oftalmice* și o parte din sângele venos al feței, adus de *venele faciale*.

Sinusurile cavernoase sunt străbătute de arterele carotide interne şi de nervii cranieni perechile III, IV, VI şi ramura maxilară a lui V. Sinusurile cavernoase sunt legate de sinusurile transverse şi de venele jugulare interne prin *sinusurile pietroase* (superior şi inferior).

Venele jugulare interne se formează la nivelul găurilor jugulare ale bazei craniului şi prezintă chiar la origine o dilatație, numită *bulbul superior*. Venele jugulare coboară de o parte şi de alta a gâtului, împreună cu artera carotidă internă şi nervul vag, formând *pachetul vasculo-nervos al gâtului*.

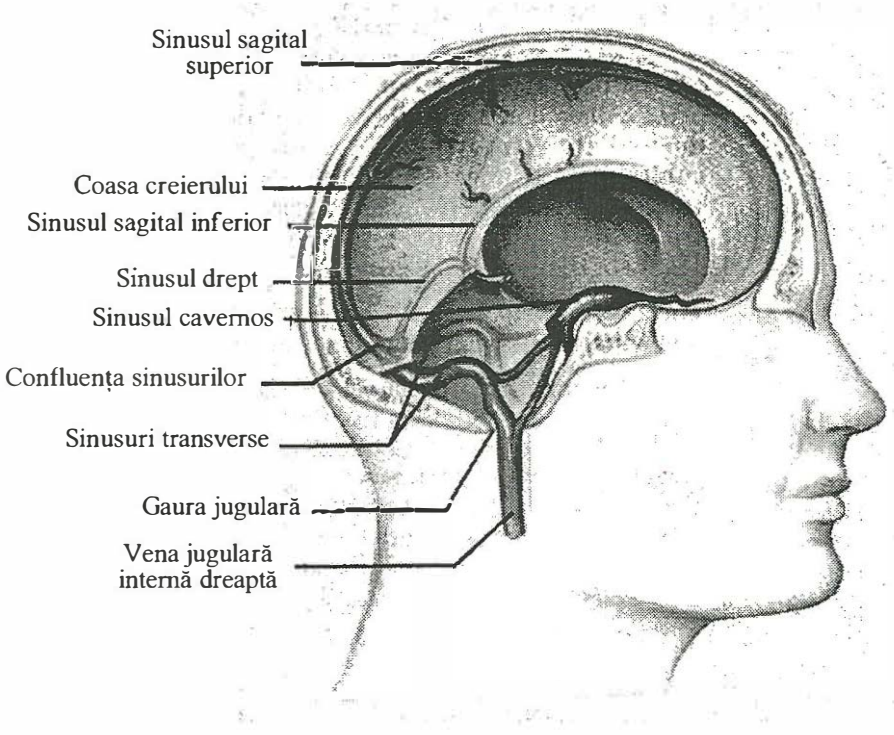


Figura 2.24. Sinusurile durei mater (după Marieb, 1999).

SISTEMUL NERVOS PERIFERIC

Sistemul nervos periferic asigură legătura dintre sistemul nervos central şi mediul extern şi intern al organismului. Include toate structurile nervoase care se găsesc în afara axului cerebrospinal: *receptorii*, *nervii periferici* şi *ganglionii nervoşi* de pe traiectul lor.

Nervii sunt organe formate din *fascicule de fibre nervoase* mielinizate sau nu, învelite de teci conjunctive. În jurul fiecărei fibre nervoase se găseşte un strat

subțire de țesut conjunctiv lax - *endoneurium*. Mai multe fibre nervoase formează un fascicul nervos fascicul nervos, înconjurat de *perineurium*. Între fasciculele nervoase se găsesc vase de sânge cu rol trofic. Toate fasciculele sunt învelite de *epineurium*, pentru a forma nervul. Nervii se clasifică, în funcție de *direcția de transmitere a impulsului nervos* în: nervi senzitivi, motori şi micşti. Cei mai mulți nervi sunt micşti, conținând atât fibre senzitive (conduc impulsurile de la receptorii periferici la axul cerebro-spinal), cât şi fibre motorii (conduc impulsurile de la centrul nervos la efectori, muşchi şi glande). Sistemul nervos periferic este alcătuit din **12 perechi de nervi cranieni** şi **31 de perechi de nervi spinali**.

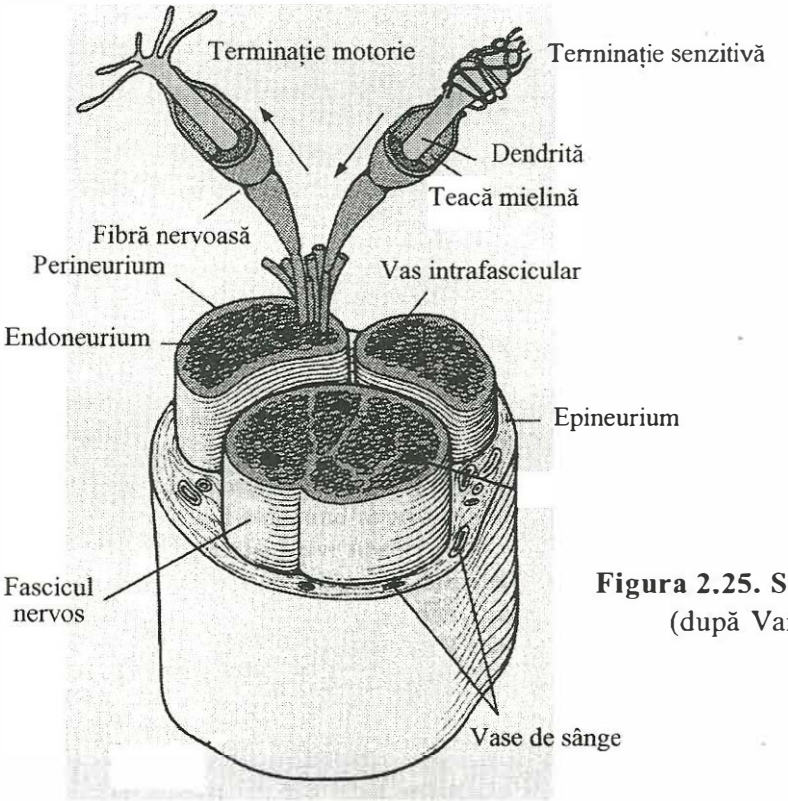


Figura 2.25. Structura unui nerv mixt (după Van De Graaff, 2000).

Ganglionii nervoşi sunt formați din aglomerări de corpi neuronali (pericarioni) şi pot fi senzitivi şi vegetativi. *Ganglionii senzitivi* se găsesc la nivelul rădăcinilor posterioare ale nervilor spinali (ganglionii spinali) şi pe traiectul unor nervi cranieni. *Ganglionii vegetativi* intră în alcătuire porțiunii periferice a sistemului nervos vegetativ.

NERVII SPINALI

Nervii spinali, în număr de 31 de perechi, conectează măduva spinării cu receptorii şi efectorii, somatici şi vegetativi. Din fiecare din cele 31 segmente medulare se desprinde câte o pereche de nervi spinali. Astfel sunt: 8 perechi de *nervi cervicali*, 12 perechi de *nervi toracali*, 5 perechi de *nervi lombari*, 5 perechi de *nervi sacrali* şi o pereche de *nervi coccigieni*, care se dispun simetric, de o parte şi de alta a măduvei. Nervii spinali sunt ***nervi micşti*** şi asigură inervaţia întregului corp, cu excepţia regiunii cefalice, inervată de nervii cranieni.

Nervul spinal este format din următoarele porţiuni: două rădăcini, un trunchi scurt şi ramuri periferice.

Rădăcinile nervului spinal sunt rădăcina posterioară şi rădăcina anterioară.

- **rădăcina posterioară** (senzitivă) prezintă pe traiectul ei ***ganglionul spinal***, format din corpii celulari ai *neuronilor pseudounipolari somato-* şi *viscero-senzitivi*, care constituie *protoneuronii* tuturor căilor sensibilităţilor somatice şi vegetative. Prelungirile periferice ale neuronilor pseudounipolari (dendritele) culeg informaţii de la receptori periferici (extero-, proprio- şi interoceptori). Axonii neuronilor pseudounipolari (prelungirile centrale) pătrund în măduva spinării pe calea rădăcinii posterioare. O parte fac sinapsă cu *deutoneuronii* căilor sensibilităţii din coarnele posterioare sau din bulbul rahidian (tracturile spino-bulbare). Restul fibrelor fac sinapsă cu *neuronii motori* din coarnele anterioare (direct sau prin intermediul neuronilor intercalari), formând *fibrele aferente ale arcurilor reflexe medulare.*
- **rădăcina anterioară** (motorie) este formată din ***axonii neuronilor somato-motori alfa*** şi ***gamma*** din coarnele anterioare şi din ***axonii neuronilor visceromotori*** din coarnele laterale. Fibrele nervoase ale rădăcinii anterioare se vor distribui pe calea uneia dintre ramurile periferice ale nervului spinal la *efectori:* muşchii scheletici (efectori somatici), musculatura netedă a organelor interne şi a vaselor de sânge, miocardul şi glandele (efectori vegetativi). Ele formează *fibrele eferente ale arcurilor reflexe medulare, somatice* şi *vegetative.*

Prin unirea celor două rădăcini se formează **trunchiul** nervului spinal, ***mixt***, de 1-2 cm, care părăseşte canalul vertebral prin orificiul intervertebral corespunzător. După ieşirea din canalul vertebral, nervul spinal se împarte în **ramuri periferice**: ramura dorsală, ramura ventrală, ramura comunicantă albă şi ramura meningeală care sunt, de asemenea, ***mixte***. Prin a cincea ramură, numită comunicantă cenuşie, fibrele postganglionare simpatice se reîntorc în trunchiul nervului spinal.

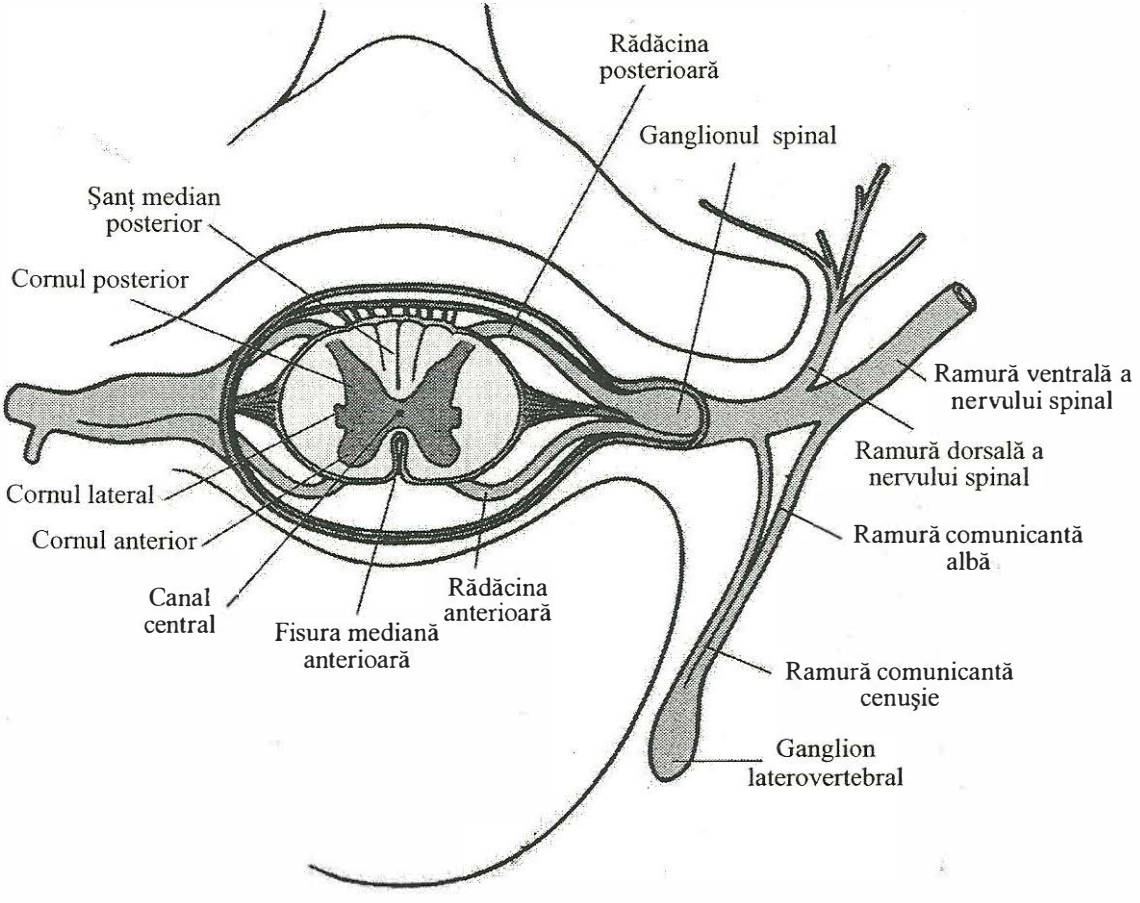


Figura 2.26. Alcătuirea nervului spinal (după Hole,1999).

Ramurile periferice ale nervilor spinali:

- **ramurile dorsale** sunt scurte şi subţiri şi îşi păstrează dispoziţia segmentară, metamerică, din regiunea cervicală până în regiunea sacrală. Ramurile dorsale inervează ***senzitiv*** tegumentul feţei dorsale a trunchiului şi ***motor*** muşchii profunzi, autohtoni ai spatelui şi cefei.

- **ramurile ventrale,** mai voluminoase, inervează senzitiv şi motor părţile anterolaterale ale trunchiului, membrele superioare şi membrele inferioare.

a. Ramurile ventrale ale *nervilor toracali T2 - T12* îşi păstrează dispoziţia metamerică, segmentară, la fel ca ramurile dorsale, formând *12 perechi* de *nervi intercostali.* Aceştia se dispun de-a lungul sulcului intercostal de pe marginea inferioară a coastelor şi inervează tegumentul regiunii antero-laterale a toracelui şi abdomenului, muşchii intercostali şi muşchii antero-laterali ai peretelui abdominal.

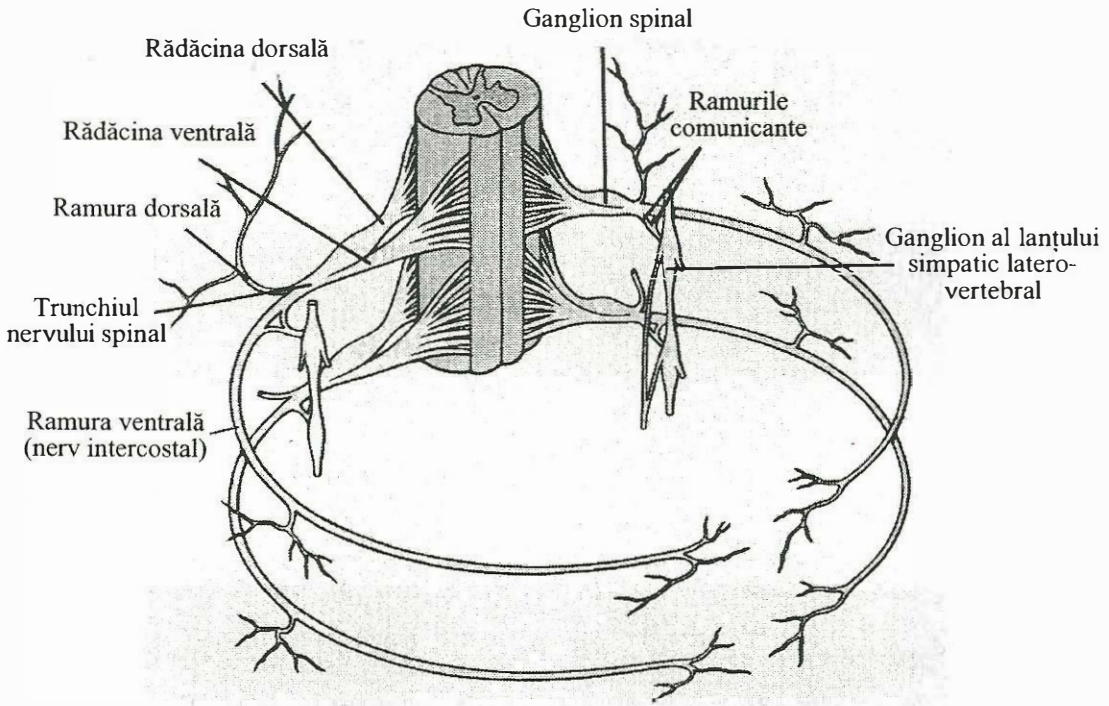


Figura 2.27. Nervi spinali toracali (după Seeley, Stephens şi Tate, 1992).

b. Ramurile ventrale ale *nervilor spinali cervicali, lombari şi sacrali* nu îşi păstrează dispoziţia segmentară ca cele toracale, ci îşi unesc (anastomozează) fibrele, formând **plexuri nervoase**: plexul cervical, brahial, lombar, sacral şi sacrococcigian.

Această amestecare şi regrupare a fibrelor nervoase la nivelul plexurilor este foarte avantajoasă pentru organism, deoarece fiecare nerv periferic care rezultă dintr-un plex cuprinde fibre din mai multe segmente medulare. Astfel,

distrugerea unui mielomer nu duce la paralizia mușchilor inervați de segmentul respectiv.

Plexul cervical este un plex mic, situat profund, de o parte și de alta a gâtului, lateral de primele vertebre cervicale. Se formează prin anastomoza ramurilor ventrale ale primilor 4 nervi cervicali (C1-C4). Ramurile periferice provenite din plexul cervical asigură inervația *senzitivă* a tegumentului anterolateral al gâtului, umărului și a regiunii parietale și inervația *motorie* a mușchilor infrahioidieni, mușchilor sternocleidomastoidieni și trapezi. Ramuri ale plexului cervical se amestecă și cu fibre ale nervilor cranieni accesori (XI) și hipogloși (XII). *Nervul frenic*, care provine din anastomoza ramurilor ventrale ale nervilor cervicali C3-C4-C5, inervează mușchiul diafragm, cel mai important mușchi respirator.

Plexul brahial este cel mai voluminos și mai complicat dintre plexuri. Este situat profund, de o parte și de alta a ultimelor vertebre cervicale C5-C7. Se extinde inferior și lateral și este dispus și în spatele claviculei, pătrunzând și în axilă. Se formează prin anastomoza ramurilor ventrale ale ultimilor nervi cervicali C5-C8 și ramura ventrală a primului nerv toracal T1.

Ramurile care se desprind din plexul brahial asigură *inervația senzitivă* a tegumentului umărului și membrului superior și *inervația motorie* a mușchilor centurii scapulare și ai membrului superior. Dintre nervii care iau naștere din acest plex menționăm: *nervul axilar*, *nervul radial, nervul musculocutanat, nervul ulnar și nervul median.*

Plexul lombar se formează prin anastomoza ramurilor ventrale ale primilor 4 nervi lombari L1-L4 și din fibre provenite din ultimul nerv toracal, T12. Nervii care iau naștere din acest plex asigură *inervația senzitivă* a tegumentului șoldului, perineului, tegumentului anteromedial al membrului inferior și *inervația motorie* a unor mușchi abdominali, mușchii articulației coxofemurale și a unora din mușchii membrului inferior (anteromediali). Dintre nervii care se desprind din acest plex menționăm: *nervul femural, nervul iliohipogastric, nervul ilioinghinal și nervul genito-femural.*

Plexul sacral este situat inferior de plexul lombar. Se formează prin anastomoza ramurilor ventrale ale nervilor lombari L4-L5 și a nervilor sacrali S1-S4. Ramurile desprinse din acest plex inervează tegumentul și mușchii

regiunii fesiere şi, de asemenea, tegumentul şi muşchii membrului inferior (muşchii posteriori ai coapsei, gambei şi piciorului). Cel mai voluminos nerv al plexului sacral este *nervul sciatic*. El părăseşte bazinul şi se extinde inferior, pe partea posterioară a coapsei. Se divide în două ramuri terminale: *nervul tibial* şi *nervul fibular comun*.

Plexul sacrococcigian rezultă din anastomoza ramurilor ventrale ale nervilor sacrali S4-S5 şi a nervului coccigian. Dintre ramurile acestui plex face parte şi *nervul ruşinos*.

- **ramurile comunicante** fac legătura între trunchiul nervului spinal şi ganglionii vegetativi simpatici ai lanţului latero-vertebral. Ramurile comunicante sunt albe şi cenuşii.

Ramura comunicantă albă se desprinde de la baza ramurei ventrale şi este mixtă. Conţine atât *fibre viscerosenzitive* - dendritele neuronilor pseudounipolari viscerosenzitivi din ganglionul spinal, care culeg informaţii de la organele interne, cât şi *fibre visceromotorii* – axonii mielinizaţi ai neuronilor visceromotori din coarnele laterale. Aceştia constituie *fibrele preganglionare simpatice* care fac sinapsă cu neuronii postganglionari din ganglionii vegetativi (laterovertebrali sau prevertebrali).

!! Numai nervii spinali din regiunea toracală şi lombară superioară prezintă ramuri comunicante albe.

Ramura comunicantă cenuşie este formată din axonii amielinici ai neuronilor postganglionari din ganglionii laterovertebrali, care se numesc *fibre postganglionare*. Prin ramura comunicantă cenuşie, fibrele postganglionare se reîntorc în trunchiului nervului spinal şi prin una din ramurile sale, ventrală sau dorsală, se distribuie la efectori vegetativi specifici: musculatura netedă a vaselor de sânge din tegument şi din muşchii scheletici, glandele sudoripare şi muşchii erectori de la baza firelor de păr.

!! Aceste fibre simpatice postganglionare sunt *colinergice* (eliberează acetilcolină), spre deosebire de celelalte fibre simpatice postganglionare care sunt *adrenergice* (eliberează noradrenalină). Ramurile comunicante cenuşii intră în alcătuirea tuturor nervilor spinali, ceea ce permite ca sistemul nervos simpatic să aibă o largă distribuţie la nivelul organismului.

- **ramura meningeală** se reîntoarce în canalul vertebral şi inervează meningele spinale şi vasele de sânge de la acest nivel, conținând fibre senzitive şi vasomotorii.

NERVII CRANIENI

Nervii cranieni, în număr de 12 perechi şi dispoziție simetrică, asigură inervația regiunii cefalice. Cu excepția primelor două perechi, ei îşi au originea sau se termină în nucleii trunchiului cerebral. Astfel, de la nivelul mezencefalului până la limita inferioară a bulbului rahidian, trunchiul cerebral este părăsit, succesiv, de ultimele zece perechi de nervi cranieni (III-XII). Nervii cranieni se numerotează cu cifre romane şi sunt următorii (Fig. 2.28):

- perechea I – nervii olfactivi
- perechea a II-a – nervii optici
- perechea a III-a – nervii oculomotori
- perechea a IV-a – nervii trohleari
- perechea a V-a – nervii trigemeni
- perechea a VI-a – nervii abducens
- perechea a VII-a – nervii faciali
- perechea a VIII-a – nervii acusticovestibulari
- perechea a IX-a – nervii glosofaringieni
- perechea a X-a – nervii vagi
- perechea a XI-a – nervii accesori
- perechea a XII-a – nervii hipogloşi

Funcțional, nervii cranieni se clasifică în: ***nervi senzitivi*** (perechile I, II şi VIII), ***nervi motori*** (perechile III, IV, VI, XI şi XII) şi ***nervi micşti*** (perechile V, VII, IX şi X).

Nervii senzitivi au rolul de a conduce informațiile exteroceptive de la organele de simț (ochi, mucoasă olfactivă şi urechea internă) la centrii nervoşi din encefal. **Nervii motori** sunt formați din fibre motorii, dar cuprind şi fibre proprioceptive de la muşchii inervați. **Nervii micşti** cuprind atât fibre senzitive (somato- şi viscerosenzitive), cât şi fibre motorii (somato- şi visceromotorii).

Fiecare nerv cranian prezintă următoarele elemente: **originea reală** (OR), **originea aparentă** (OA), **traiectul intracranian** şi **teritoriul de inervație.**

Originea reală a nervilor senzitivi (perechea a VIII-a) sau a fibrelor senzitive din componența nervilor micşti se află în ***ganglionii senzitivi*** de pe traiectul nervilor respectivi. Fibrele senzitive intră în craniu şi se termină în *nucleii senzitivi* (terminali) din trunchiul cerebral. Neuronii de la nivelul ganglionilor

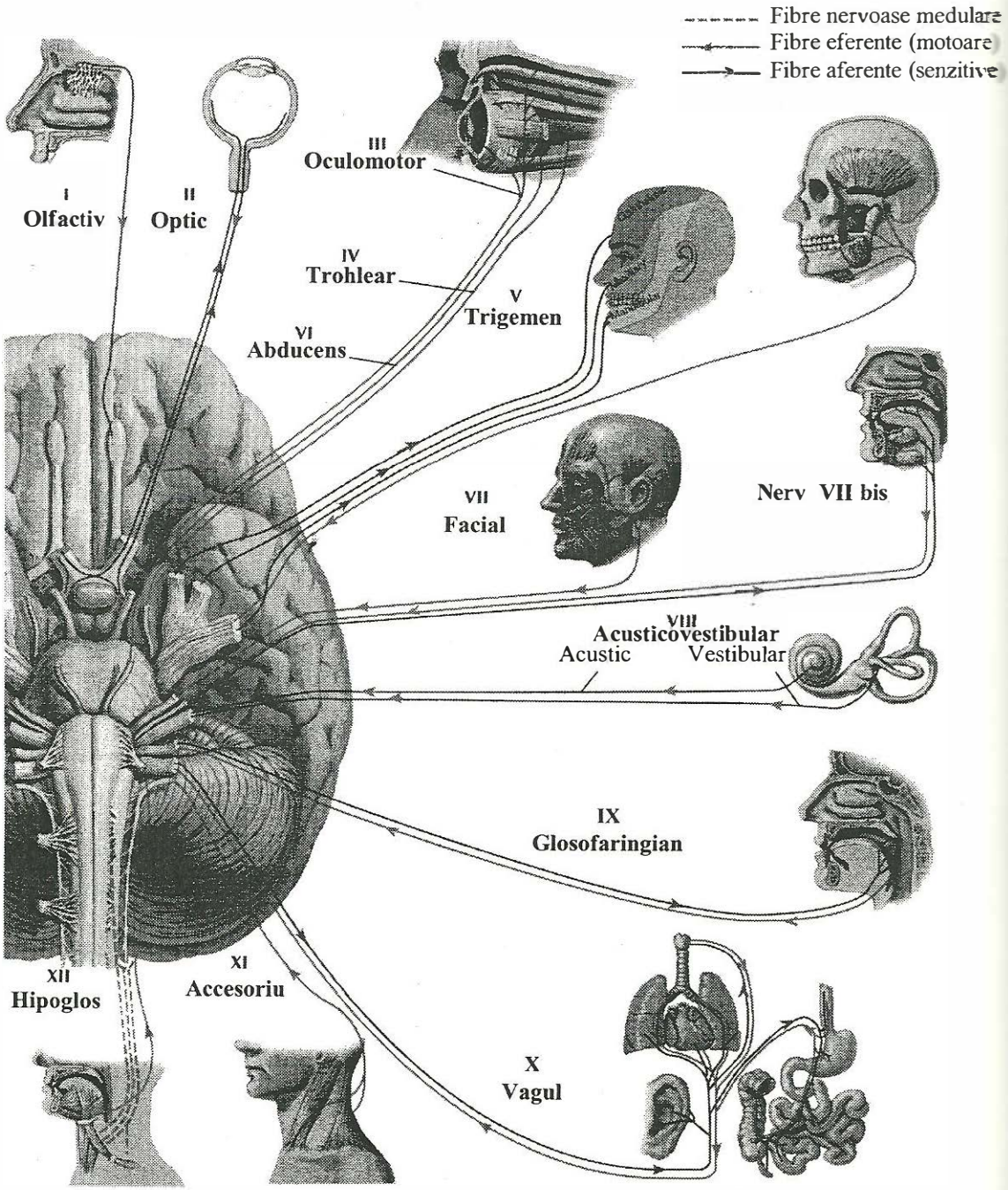


Figura 2.28. Nervii cranieni şi teritoriul lor de distribuție
(după Netter, 2000).

senzitivi – neuroni bipolari (în cazul nervilor acusticovestibulari) şi neuroni pseudounipolari (pentru restul) – reprezintă *protoneuronii* diferitelor căi ale sensibilității. Neuronii din nucleii terminali ai trunchiului reprezintă *deutoneuronii* căilor respective.

Originea reală a nervilor motori sau a fibrelor motorii din componența nervilor micşti se află la nivelul ***nucleilor motori*** din trunchiul cerebral. Axonii neuronilor somatomotori de la nivelul acestor nuclei formează nervii, care *ies* din craniu pentru a se distribui la efectori (muşchii scheletici ai capului).

Originea reală a fibrelor vegetative parasimpatice preganglionare, care intră în alcătuirea unor nervi cranieni (III, VII, IX şi X), se află în ***nucleii vegetativi parasimpatici*** de la nivelul trunchiului cerebral. Fibrele visceromotoare cu origine în aceşti nuclei formează *componenta vegetativă* a nervilor amintiți, pe care îi insoțesc în drumul lor spre efectorii vegetativi (muşchi netezi şi glande).

Originea aparentă sau **emergența**, reprezintă locul în care nervul cranian apare la suprafața trunchiului cerebral. Ultimele zece perechi îşi au originea aparentă de-a lungul trunchiului cerebral. Dintre aceştia, numai perechea a IV-a îşi are originea aparentă pe fața posterioară a trunchiului, restul apar pe fața antero-laterală.

Traiectul intracranian al nervilor cranieni este scurt, ei părăsind craniul prin orificiile de la baza acestuia. Pentru a desemna sensul de transmitere al impulsurilor nervoase, vom spune că nervii senzitivi "intră" în craniu, iar cei motori "ies" din craniu.

Teritoriul de distribuție (inervație) al nervilor cranieni se găseşte la nivelul capului, restul regiunilor corpului fiind inervate de nervii spinali. Excepție fac nervii vagi, care prin fibrele lor viscerosenzitive şi visceromotorii parasimpatice asigură inervația vegetativă a numeroase organe situate în torace şi abdomen.

Nervii senzitivi (perechea I-a, a II-a şi a VIII-a) vor fi tratați la analizatorii corespunzători.

Nervii oculomotori - perechea a III-a - sunt *nervi motori*, cu componentă vegetativă parasimpatică.

OR a *fibrelor somatomotorii* se găseşte la nivelul mezencefalului, în *nucleul oculomotorului*. Aceste fibre inervează 4 din cei 6 muşchi extrinseci ai globului ocular (muşchii drept superior, drept inferior, drept intern, oblic inferior) precum şi muşchiul ridicător al pleoapei superioare.

OR a *fibrelor preganglionare parasimpatice* se află în mezencefal, la nivelul *nucleului accesor al nervului III (Edinger-Westphal)*. Aceste fibre însoţesc fibrele somatomotorii, ajung în orbită şi fac sinapsă în *ganglionul ciliar*, iar fibrele postganglionare scurte se distribuie la muşchii netezi intrinseci ai globului ocular: muşchiul ciliar şi muşchii circulari ai irisului, deteminând *mioza*.

OA a nervilor oculomotori se află în fosa interpedunculară, pe feţele mediale ale pedunculilor cerebrali. Ies din craniu prin fisura orbitală cerebrală (dintre aripa mică şi mare a osului sfenoid) şi odată ajunşi în orbită, inervează structurile amintite.

Nervii trohleari - perechea a IV-a - sunt *nervi motori*. OR se află în mezencefal, în *nucleul trohlearului*. OA – după ce se încrucişează pe linia mediană, fibrele sale părăsesc mezencefalul pe faţa posterioară, sub coliculii cvadrigemeni inferiori. Nervii trohleari sunt singurii nervi cranieni cu originea aparentă pe faţa dorsală a trunchiului cerebral. Ies din craniu prin fisurile orbitale cerebrale şi inervează muşchii oblici superiori ai globilor oculari.

Nervii trigemeni - perechea a V-a - sunt cei mai voluminoşi nervi cranieni, având o distribuţie vastă la nivelul feţei şi capului. Sunt nervi *micşti*, cu componentă senzitivă predominantă. Nervul trigemen prezintă ***3 ramuri principale***: ramura oftalmică (senzitivă), ramura maxilară (senzitivă) şi ramura mandibulară (mixtă).

OR a *fibrelor senzitive* se află în *ganglionul semilunar Gasser*, situat într-o lojă osteofibroasă de pe faţa antero-superioară a stâncii temporalului. Dendritele neuronilor pseudounipolari din ganglion se distribuie prin cele trei ramuri ale nervului la receptorii periferici din tegumentul feţei şi mucoase, iar axonii intră în craniu şi fac sinapsă în nucleii senzitivi ai trigemenului din trunchiul cerebral.

OR a *fibrelor somatomotorii* se află în *nucleul masticator* din punte şi se distribuie numai prin ramura mandibulară a nervului la efectori.

OA a nervilor trigemeni se află la nivelul punții, între piramidele pontine şi brațele punții.

Ramura oftalmică părăseşte craniul prin fisura orbitală cerebrală, alături de nervii III, IV şi VI. Se subîmparte în numeroase ramuri terminale care inervează senzitiv tegumentul etajului superior al feței până la vertex, dura mater a etajului anterior al bazei craniului, iar la nivelul globului ocular inervează: corneea, conjunctiva, sclerotica, coroida şi glanda lacrimală.

Ramura maxilară părăseşte craniul prin orificiul rotund al sfenoidului şi dă ramuri care inervează: tegumentul etajului mijlociu al feței, mucoasa nazală, iar la nivelul cavității bucale inervează: bolta palatină, gingia şi dinții superiori.

Ramura mandibulară (mixtă) părăseşte craniul prin orificiul oval al sfenoidului. *Fibrele senzitive* inervează tegumentul etajului inferior al feței, tegumentul regiunii temporale, parțial pavilionul urechii şi canalul auditiv extern. La nivelul cavității bucale (prin *nervul lingual*) inervează partea anterioară a limbii (asigurând sensibilitatea tactilă, termică şi dureroasă a acesteia), planşeul bucal, glandele salivare sublinguale şi submandibulare, iar prin alte ramuri terminale, gingia şi dinții inferiori. *Fibrele motorii* inervează muşchii masticatori (muşchiul temporal, muşchiul maseter, muşchii pterigoidieni intern şi extern, muşchiul digastric şi muşchiul milohioidian), muşchiul tensor al vălului palatin şi muşchiul tensor al timpanului.

!! De ramurilor principale ale nervului trigemen sunt ataşați topografic *ganglioni parasimpatici terminali*, fără să aibă însă conexiuni sinaptice cu acestea. Astfel, *ganglionul ciliar* din orbită este ataşat de ramura oftalmică, *ganglionul sfenopalatin* de ramura maxilară, *ganglionul otic* de ramura mandibulară şi *ganglionii submandibular* şi *sublingual*, de nervul lingual. Fibrele postganglionare parasimpatice, cu origine în aceşti ganglioni, se ataşează ramurilor senzitive terminale ale trigemenului, larg distribuite la nivelul capului, pentru a ajunge la efectorii vegetativi.

Nervii abducens - perechea a VI-a - sunt *nervi motori*. OR a nervului se află în punte, în *nucleul abducensului*, iar originea aparentă la nivelul şanțului

bulbopontin. Părăseşte craniul prin fisura orbitală cerebrală, intră în orbită şi inervează muşchiul drept extern al globului ocular.

Nervii faciali - perechea a VII-a - sunt nervi *micşti*, cu *componentă parasimpatică*.

OR a *fibrelor senzitive* se află în *ganglionul geniculat* de pe traiectul nervului şi preiau informaţiile gustative de la mugurii gustativi din cele 2/3 anterioare ale limbii. Fibrele senzitive ale facialului formează *nervul VII bis* (Wriesberg). intră în craniu şi se termină în partea superioară a nucleului tractului solitar din bulb, unde se găsesc deutoneuronii căii gustative.

OR a *fibrelor motorii* se află în punte, în *nucleul facialului*. După ce ies din craniu, fibrele motorii se distribuie prin două ramuri, *ramura temporofacială* şi *ramura cervicofacială,* la muşchii mimicii şi la muşchiul scăriţei din urechea medie.

OR a *fibrelor parasimpatice preganglionare* se află în punte, în *nucleul nazo-lacrimal* şi *nucleul salivator superior*. Prin componenta vegetativă, nervii faciali asigură inervaţia parasimpatică a tuturor glandelor exocrine de la nivelul capului, cu excepţia glandelor parotide: glandele lacrimale, glandele mucoasei din cavitatea nazală, glandele salivare submandibulare şi sublinguale. Fibrele preganglionare parasimpatice cu origine în nucleul nazo-lacrimal, fac sinapsă în *ganglionul sfenopalatin* de pe ramura maxilară a trigemenului, iar fibrele postganglionare se distribuie prin ramuri terminale trigeminale la glanda lacrimală şi glandele mucoasei nazale. Fibrele visceromotorii cu origine în nucleul salivator superior, fac sinapsă în *ganglionii sublingual* şi *submandibula*r, ataşaţi nervului lingual, iar fibrele postganglionare asigură inervaţia parasimpatică a glandelor salivare submandibulare şi sublinguale.

OA a nervilor faciali se află la nivelul şanţului bulbopontin, lateral de cea a nervilor abducens. După un scurt traiect intracranian, nervul facial intră în stânca temporalului prin *meatul auditiv intern*, străbate *canalul facialului* de la acest nivel şi iese din craniu prin *orificiul stilomastoidian*, situat pe faţa inferioară a osului temporal.

Nervii glosofaringieni - perechea a IX-a - sunt *nervi micşti, cu componentă vegetativă parasimpatică*.

OR a *fibrelor somato-* şi *viscerosenzitive* se află la nivelul a doi ganglioni, superior şi inferior, de pe traiectului nervului. *Fibrele somatosenzitive* inervează mucoasa urechii medii şi a trompei Eustachio, amigdala palatină şi mucoasa faringelui. Aceste fibre asigură, de asemenea, sensibilitatea gustativă a treimii posterioare a limbii şi a mucoasei faringiene. *Fibrele viscerosenzitive* (nervul Hering) culeg informaţii de la baro- şi chemoreceptorii vasculari de la nivelul unor zone reflexogene din torace şi le conduc în partea inferioară a nucleului tractului solitar din bulb.

OR a *fibrelor motorii* se află în partea superioară a *nucleului ambiguu* din bulb şi se distribuie la muşchii constrictori ai faringelui şi la muşchiul ridicător al vălului palatin.

OR a *fibrelor parasimpatice preganglionare* se află în *nucleul salivator inferior* din bulb. Fibrele visceromotorii cu origine în acest nucleu, fac sinapsă în *ganglionul otic* ataşat de ramura mandibulară a trigemenului, iar fibrele postganglionare inervează glanda salivară parotidă.

OA a nervilor glosofaringieni se află în bulb, la nivelul şanţurilor retroolivare. Nervii glosofaringieni părăsesc craniul prin găurile jugulare, împreună cu nervii X, XI şi vena jugulară internă.

Nervii vagi - perechea a X-a - sunt *nervi micşti, cu componentă parasimpatică predominantă*. Au cel mai mare teritoriu de inervaţie viscerală din organism, asigurând inervaţia a numeroase organe interne din torace şi abdomen.

OR a *fibrelor somato-* şi *viscerosenzitive* se află în doi ganglioni senzitivi de pe traiectul nervului, *ganglionul jugular* şi *ganglionul plexiform*. *Fibrele somatosenzitive* inervează etajul posterior al durei mater, o parte din tegumentul conductului auditiv extern şi a pavilionului urechii, mucoasa laringelui şi preiau şi informaţiile gustative din treimea posterioară a limbii şi de pe epiglotă. *Fibrele viscerosenzitive* culeg informaţii de la viscerele toracale şi abdominale şi de la baro- şi chemoreceptorii vasculari. Fibrele senzitive ale vagului se termină în nucleul tractului solitar din bulb.

OR a *fibrelor motorii* se află în partea mijlocie a *nucleului ambiguu* din bulb. Ele inervează muşchii faringelui şi ai laringelui, intervenind în deglutiţie şi fonaţie.

OR a *fibrelor preganglionare parasimpatice* se află în *nucleul dorsal al vagului* din bulb. Ele se alătură fibrelor viscerosenzitive (cu origine în ganglionul plexiform) şi formează componenta vegetativă a vagului, care este predominantă.

OA a nervilor vagi se află la nivelul bulbului, în şanţul retroolivar, inferior de originea nervilor glosofaringieni. Părăsesc craniul prin găurile jugulare.

Nervii vagi sunt singurii nervi cranieni care prin fibrele lor vegetative parasimpatice au teritoriul de inervaţie situat în afara regiunii cefalice, la nivelul organelor toracale şi abdominale. Nervii vagi coboară în regiunea cervicală, pătrund în torace şi se dispun pe părţile laterale ale esofagului. Aici se ramifică şi formează cu cele de pe partea opusă, *plexul vagal periesofagian*. De la acest nivel, se formează două *trunchiuri vagale*, anterior şi posterior (conţin fibre din ambii nervi), care pătrund în abdomen prin hiatusul esofagian al muşchiului diafragm. De-a lungul traiectului lor, nervii vagi dau numeroase ramuri care participă la formarea *plexurile vegetative* din torace (plexul bronhopulmonar, plexul cardiac) şi abdomen (plexul gastric, plexul celiac).

Nervii accesori - perechea a XI-a - sunt *nervi motori*. Ei se formează prin unirea a două rădăcini: o rădăcină bulbară şi o rădăcină spinală. *Rădăcina bulbară* îşi are originea în partea inferioară a nucleului ambiguu, iar *rădăcina spinală* în coarnele anterioare al măduvei cervicale C1-C5. Aceasta pătrunde în craniu prin marele foramen şi se alătură rădăcinii bulbare (cu origine aparentă în şanţul retroolivar), pentru a forma nervul. Nervul accesor părăseşte craniul prin orificiul jugular şi ajuns la baza craniului, se împarte în două ramuri. O ramură se va alătura fibrelor somatomotorii ale nervului vag, distribuindu-se la muşchii laringelui şi ai faringelui, iar cealaltă asigură inervaţia muşchilor trapezi şi sternocleidomastoidieni de la nivelul gâtului.

Nervii hipogloşi - perechea a XII-a - sunt *nervi motori*. OR se află în *nucleul hipoglosului* din bulb. OA a nervilor hipogloşi se găseşte la nivelul bulbului, în şanţurile preolivare. Ies din craniu prin orificiile condiliene anterioare (găurile hipoglosului). Inervează muşchii intrinseci ai limbii.

!! Fibrele nervilor cranieni intră în componenţa arcurilor reflexe care se închid în centrii nervoşi din trunchiul cerebral, a căilor de conducere ale

sensibilității extero- şi proprioceptive a feței şi capului şi, de asemenea, a căilor de conducere ale sensibilității acusticovestibulare şi gustative.

SISTEMUL NERVOS VEGETATIV

Sistemul nervos vegetativ este partea sistemului nervos cu rol în coordonarea reflexă, automată, a activității organelor interne în vederea menținerii în limite constante ale parametrilor mediului intern (homeostazia) şi a adaptării permanente a organismului la condițiile variabile ale mediului extern şi intern.

Sistemul nervos somatic şi cel vegetativ au conexiuni multiple. Sensibilitatea viscerală (interoceptivă) poate urma aceleaşi căi ca şi cea somatică, prin tracturile spino-talamice, iar centrii superiori de coordonare ai sistemului nervos vegetativ sunt hipotalamusul, sistemul limbic şi scoarța cerebrală.

În cadrul sistemului nervos vegetativ se disting două componente sau diviziuni: *sistemul nervos simpatic* şi *sistemul nervos parasimpatic*, între care există diferențe anatomice şi funcționale. Cele două componente ale sistemului nervos vegetativ asigură inervația dublă şi *antagonistă* a majorității viscerelor. Din această dublă acțiune, exercitată permanent asupra organelor interne, rezultă o stare de echilibru funcțional a organului respectiv, numită *tonus neurovegetativ*. Există însă şi excepții, când cele două componente ale sistemului nervos vegetativ acționează *sinergic* (în acelaşi sens) şi există, de asemenea, şi organe care au exclusiv inervație simpatică.

Arcul reflex vegetativ este format ca şi cel somatic, din *calea aferentă*, *centrul nervos* şi *calea eferentă*. Spre deosebire de calea eferentă somatică, formată dintr-un singur neuron motor, eferența vegetativă este formată din doi neuroni.

Aferențele vegetative conduc informațiile preluate de la receptorii viscerali (algo-, baro-, chemo- şi osmoreceptori) la centrii nervoşi vegetativi din măduva spinării, trunchiul cerebral, hipotalamus şi scoarța cerebrală. Aceştia elaborează comenzi care vor fi transmise prin căi eferente, la efectorii viscerali.

Calea aferentă vegetativă este constituită din *neuronii pseudounipolari viscero-senzitivi* din ganglionii spinali de pe rădăcinile posterioare ale nervilor spinali şi din ganglionii senzitivi de pe traiectul unor nervi cranieni (VII, IX şi X).

Centrii nervoşi vegetativi sunt situaţi intranevraxial, la nivelul măduvei spinării şi encefalului şi din punct de vedere funcţional sunt:

a. Centrii simpatici situaţi în coarnele laterale ale măduvei toraco-lombare C8 (T1-L2)

b. Centrii parasimpatici situaţi în trunchiul cerebral - *parasimpaticul cranian* şi la nivelul măduvei sacrale S2-S4 - *parasimpaticul sacral*

Centrii vegetativi primesc informaţii prin căile aferente din teritoriile viscerale inervate şi, de asemenea, comenzi de la centrii vegetativi superiori de coordonare, hipotalamici sau corticali, care le modulează activitatea.

Calea eferentă a arcului reflex vegetativ este deosebită de calea eferentă somatică, prin prezenţa la nivelul ei, a unui *ganglion vegetativ* simpatic sau parasimpatic.

Astfel, calea eferentă vegetativă este formată din ***doi neuroni***, interconectaţi sinaptic la nivelul ganglionului vegetativ (cale bineuronală):

- ***neuronul preganglionar*** este situat intranevraxial, la nivelul măduvei sau a trunchiului cerebral (în centrul nervos vegetativ). Prelungirea sa axonală este mielinizată şi formează *fibră preganglionară,* care face legătura cu ganglionul vegetativ, la nivelul căruia se găseşte
- ***neuronul postganglionar***, a cărui prelungire axonală este amielinică şi se numeşte *fibră postganglionară.* Fibrele postganglionare sunt cele care se distribuie la efectorii vegetativi, reglându-le activitatea. *Efectorii vegetativi* sunt: musculatura netedă de la nivelul organelor interne şi a vaselor de sânge, muşchiul cardiac şi glandele exocrine. Eferenţele vegetative sunt *reglatorii*, deoarece stimulează sau inhibă, continuu sau temporar, activitatea organelor interne.

!! Cel de-al doilea neuron al eferenţei vegetative se numeşte neuron *post*ganglionar, cu toate că pericarionul său se găseşte chiar la nivelul ganglionului vegetativ.

SISTEMUL NERVOS SIMPATIC

Simpaticul constituie componenta cea mai extinsă şi mai complexă a sistemului nervos vegetativ şi este format dintr-o porțiune centrală şi una periferică:

- **porțiunea centrală** este dispusă la nivelul *coarnelor laterale* ale *măduvei toraco-lombare C8 (T1-L2)*, unde se găsesc *centrii nervoşi simpatici*. Dintre aceştia fac parte: centrul pupilodilatator, centrul cardioaccelerator, centrul bronhodilatator, centrii vasomotori, pilomotori, sudoripari şi centrii ano-, vezico- şi genitospinali. Fibrele preganglionare cu origine în aceşti centrii, ajung la ganglionii simpatici laterovertebrali sau prevertebrali. O fibră preganglionară simpatică face sinapsă cu numeroşi neuroni postganglionari, ceea ce explică efectele difuze, extinse ale stimulării simpatice.
- **porțiunea periferică** este formată din ganglionii simpatici laterovertebrali şi prevertebrali. ***Ganglionii laterovertebrali*** formează două lanțuri ganglionare simpatice, dispuse simetric de-o parte şi de alta a coloanei verebrale. Sunt în număr de *23 de perechi*: 3 ganglioni cervicali, 11 toracali, 4 lombari, 4 sacrali şi unul coccigian, care conectează cele două lanțuri la nivelul coccisului. Ganglionii fiecărui lanț sunt legați între ei prin *fascicule interganglionare,* iar cu nervii spinali prin ramuri comunicante, ceea ce permite fibrelor simpatice să aibă un teritoriu vast de distribuție (vezi nervii spinali). ***Ganglionii prevertebrali*** sunt situați anterior de coloana vertebrală, la nivelul marelui *plexului aortic*. Acesta este format dintr-o rețea plexiformă de fibre vegetative şi ganglioni în jurul aortei abdominale şi a ramurilor sale. Ganglionii simpatici de la acest nivel sunt: ganglionul *celiac*, ganglionul *mezenteric superior,* ganglionul *mezenteric inferior* şi ganglionul *aorticorenal*.

Calea eferentă simpatică

Toate fibrele preganglionare simpatice îşi au originea în coarnele laterale ale măduvei toraco-lombare C8 (T1-L2). Ele părăsesc măduva spinării prin rădăcinile anterioare ale nervilor spinali şi apoi, prin ramurile comunicante albe, ajung în ganglionii simpatici ai lanțului latero-vertebral. Ajunse la acest nivel, fibrele preganglionare simpatice pot lua următoarele căi (Fig. 2.29):

a. fac sinapsă cu neuronii postganglionari din ganglionul laterovertebral corespunzător

b. au traiect ascendent sau descendent prin lanțul laterovertebral, făcând sinapsă în ganglioni superiori sau inferiori segmentului medular din care provin
c. traversează ganglionul laterovertebral fără să facă sinapsă și se termină într-un ganglion prevertebral.

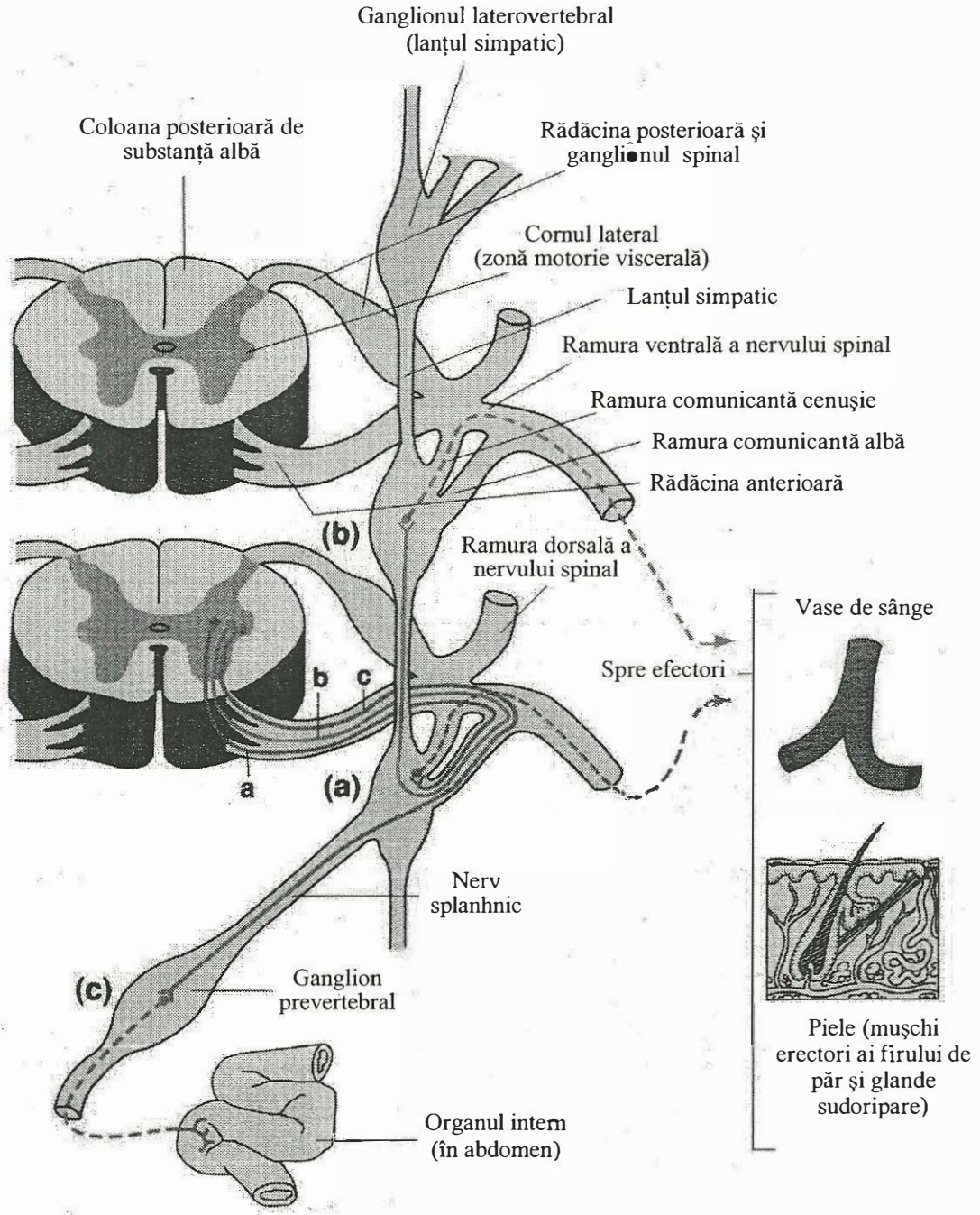


Figura 2.29. Calea eferentă simpatică (după Marieb, 1999).

1. Majoritatea fibrelor preganglionare simpatice fac sinapsă în ganglionii laterovertebrali adiacenți (corespunzători) sau în ganglioni superiori sau inferiori ai lanțului laterovertebral (Fig. 2.29, a și b).

- Unele fibre postganglionare cu origine în ganglionii laterovetebrali trec în ramurile comunicante cenușii și se reîntorc în trunchiul nervului spinal. Prin ramurile acestuia, ventrale sau dorsale, fibrele postganglionare se distribuie la următorii efectori vegetativi: musculatura netedă a vaselor de sânge din mușchii scheletici și din tegument, mușchii netezi ai firelor de păr și glandele sudoripare de la nivelul tegumentului.

!! Aceşti efectori vegetativi au numai inervație simpatică.

- Alte fibre postganglionare se distribuie direct la efectori, fie sub forma unor *nervi vegetativi* (ex. nervii cardiaci), fie sub forma unor *plexuri perivasculare,* însoțind vasele de sânge la organele inervate.

2. Fibrele preganglionare simpatice cu origine în segmentele medulare **T6-L2** (situate subdiafragmatic) traversează ganglionii lanțului laterovertebral fără să facă sinapsă (Fig. 2.29, c), după care se grupează și formează *nervii splanhnici toracali* și *lombari*. Nervii splanhnici sunt formați din fibre lungi preganglionare, care se distribuie la *ganglionii prevertebrali* din *plexul aortic* unde fac sinapsă. Fibrele postganglionare cu origine în aceşti ganglioni însoțesc vasele de sânge cu același nume și se distribuie la organele efectoare abdomino-pelvine.

Nervii splanhnici toracali fac sinapsă în ganglionul celiac și ganglionul mezenteric superior. Fibrele postganglionare inervează cele mai multe organe intraabdominale: stomac, intestinul subțire, intestinul gros până la jumătatea distală, ficat, splină, pancreas și rinichi.

Nervii splanhnici lombari fac sinapsă în ganglionii mezenteric inferior și aorticorenal. De aici pleacă fibre postganglionare la jumătatea distală a intestinului gros, la căile urinare și organele genitale.

!! O mică parte din fibrele preganglionare ale nervilor splanhnici toracali trec fără sinapsă prin ganglionul celiac și se distribuie la celulele secretorii ale medulosuprarenalei, numite *feocromocite*. Medulosuprarenala este unicul

organ efector inervat direct de fibre preganglionare. Medulosuprarenala derivă, ca şi ganglionii lateravertebrali, din crestele neurale în timpul dezvoltării embrionare. În urma stimulării simpatice, feocromocitele secretă *catecolamine*: adrenalina (90%) şi noradrenalina (10%), care trec direct în sânge. Aceşti hormoni întăresc şi prelungesc activitatea simpaticului. Sistemul nervos simpatic împreună cu medulosuprarenala formează *sistemul simpato-adrenal*. Acesta are şi rolul de a mobiliza mijloacele de apărare ale organismului împotriva factorilor de mediu cu caracter agresor (stresant). În situaţii neobişnuite sau periculoase induce comportamentul de "fugă sau luptă".

SISTEMUL NERVOS PARASIMPATIC

- **porţiunea centrală** este situată intranevraxial, la nivelul trunchiului cerebral - *parasimpaticul cranian* şi la nivelul măduvei sacrale - *parasimpaticul sacral,* unde se găsesc *centrii nervoşi parasimpatici.*

Parasimpaticul cranian este format din *nucleii vegetativi parasimpatici* din trunchiul cerebral: nucleul accesor al oculomotorului din mezencefal, nucleul salivator superior şi nucleul nazo-lacrimal din punte şi nucleul salivator inferior şi nucleul dorsal al vagului din bulb. Fibrele preganglionare cu origine în aceşti nuclei ajung pe calea nervilor cranieni III, VII, IX şi X la ganglionii parasimpatici situaţi la nivelul capului sau, în cazul fibrelor vagale, în torace şi abdomen (ganglioni terminali). ***Parasimpaticul sacral*** este dispus în segmentele medulare S2-S4, unde se găseşte *nucleul parasimpatic sacral.* Fibrele preganglionare cu origine în acest nucleu formează *nervii pelvici.*

Fibrele preganglionare parasimpatice fac sinapsă cu un număr limitat de neuroni postganglionari, şi de aceea acţiunile parasimpaticului sunt mai limitate şi discrete.

- **porţiunea periferică** este formată din *ganglioni parasimpatici terminali: previscerali* sau *intramurali.* Ganglionii parasimpatici, spre deosebire de ganglionii simpatici, sunt situaţi mult mai periferic, în imediata vecinătate a organelor inervate (ganglioni previscerali) sau chiar în peretele organelor inervate (ganglioni intramurali). Astfel, fibrele preganglionare parasimpatice sunt lungi, iar cele post-ganglionare sunt scurte.

Ganglionii previscerali din regiunea capului sunt: *ganglionul ciliar* din orbită, *ganglionul sfenopalatin*, *ganglionul otic*, *ganglionul submandibular* şi *ganglionul sublingual* (Fig. 2.30). Aceşti ganglioni sunt ataşaţi topografic ramurilor trigeminale terminale, fără să aibă însă contacte sinaptice cu acestea. (vezi nervii V,VII şi IX).

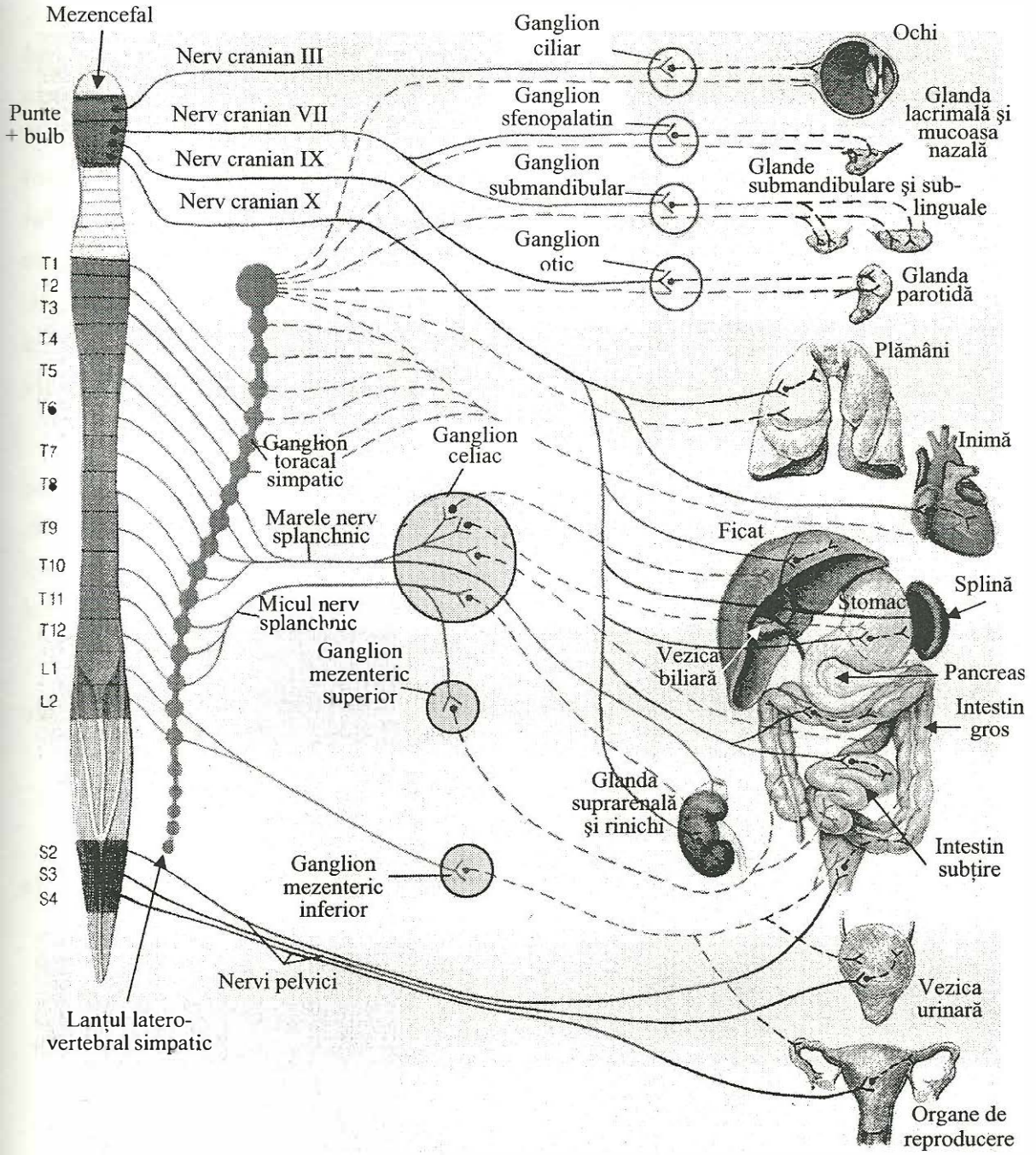


Figura 2.30. Sistemul nervos vegetativ (după Van De Graaff, 2000).

Ganglionii intramurali se găsesc la nivelul cordului, plămânilor şi în *plexurile submucos (Meissner)* şi *mienteric (Auerbach)* din peretele tubului digestiv.

Calea eferentă parasimpatică

Fibrele preganglionare parasimpatice iau naştere la nivelul nucleilor parasimpatici din trunchiul cerebral şi din nucleul sacral S2-S4 şi sunt fibre lungi şi mielinizate.

1. Fibrele preganglionare cu origine în centrii parasimpatici din trunchiul cerebral însoţesc nervii cranieni III, VII şi IX şi X, constituind componenta parasimpatică a acestora. Fibrele preganglionare ale nervilor III, VII şi IX fac sinapsă la nivelul ganglionilor parasimpatici previscerali de la nivelul capului, iar fibrele postganglionare se distribuie pe calea ramurilor nervului trigemen la efectori. Se consideră că peste 90% din fibrele preganglionare parasimpatice sunt cele vagale, care se termină în ganglionii intramurali. Nervii vagi asigură inervaţia parasimpatică a inimii, plămânilor, a stomacului, intestinului subţire, cecului, colonului ascendent şi 2/3 drepte ale colonului transvers. Inervează, de asemenea, ficatul şi pancreasul.

2. Fibrele preganglionare cu origine la nivelul parasimpaticului sacral părăsesc măduva pe calea rădăcinilor anterioare ale nervilor sacrali şi apoi se unesc, formând *nervii pelvici*. Fibrele acestora fac sinapsă în ganglionii *plexului hipogastric inferior*, iar fibrele postganglionare se distribuie la colonul descendent, sigmoid, rect, căile urinare inferioare şi organele genitale.

Sistemul nervos parasimpatic este mai activ în situaţii de odihnă şi digestie, are efecte localizate şi cu caracter de refacere.

NEUROTRANSIMŢĂTORII

Fibrele vegetative acţionează asupra organelor efectoare la fel ca şi fibrele somatice, prin eliberarea de neurotransmiţători (mediatori chimici).

- toate fibrele vegetative preganglionare, atât cele simpatice cât şi cele parasimpatice, eliberează *acetilcolină* (ACh) - sunt *fibre colinergice*.
- fibrele postganglionare parasimpatice sunt, de asemenea, *fibre colinergice*.

- majoritatea fibrele postganglionare simpatice sunt *fibre adrenergice* (eliberează *noradrenalina NA*), iar cele care se distribuie vaselor de sânge din tegument şi din muşchii scheletici, glandelor sudoripare şi muşchilor erectori ai firelor de păr, sunt *fibre colinergice*.

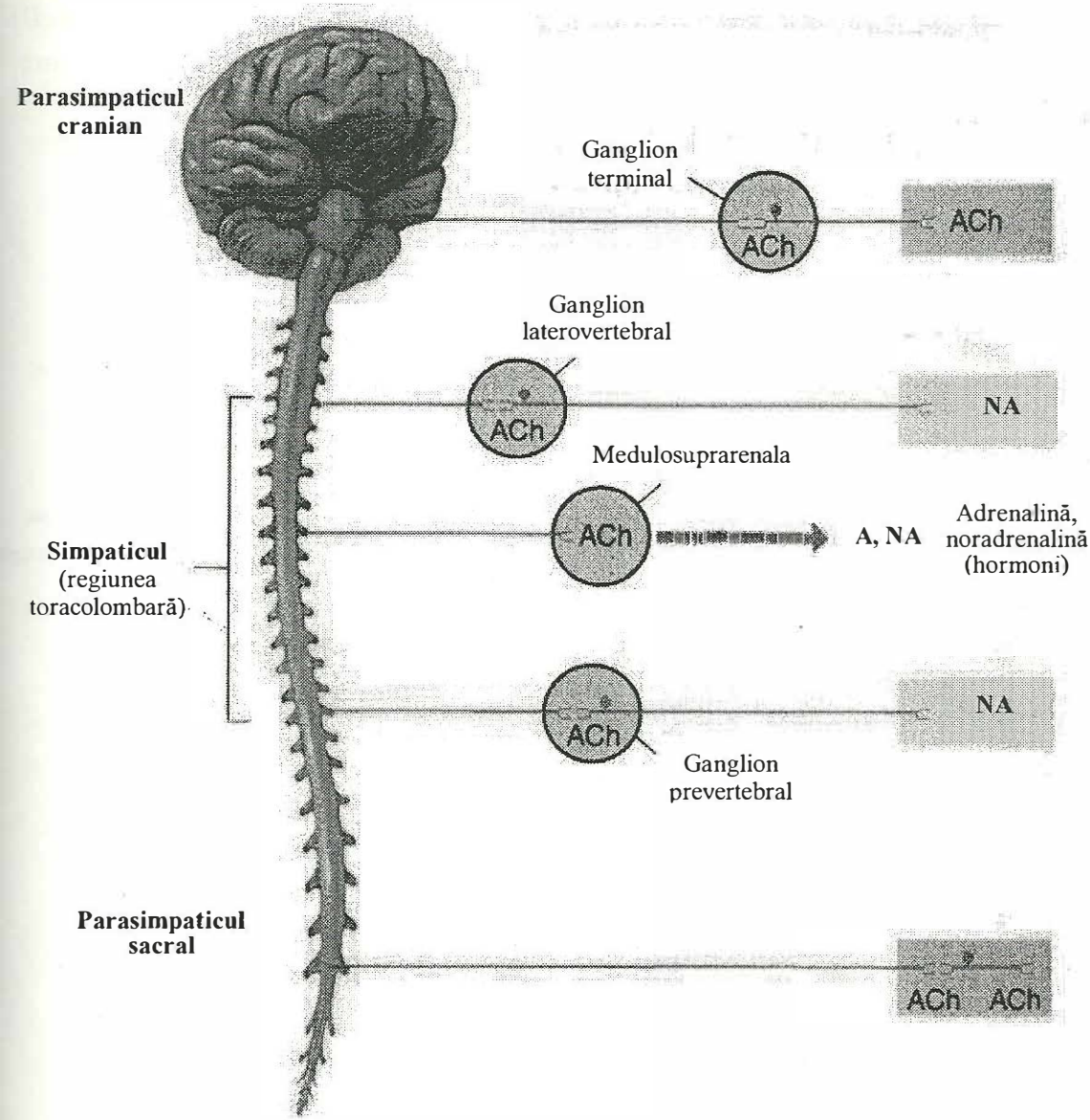


Figura 2.31. Neurotransmiţătorii sistemului nervos vegetativ (după Van de Graaf, 2000).

REFLEXELE

La baza activității sistemului nervos stau reflexele.

Actul reflex sau ***reflexul*** este procesul fiziologic de răspuns la un stimul care acționează asupra unui câmp receptor. El are ca substrat anatomic *arcul reflex* format din: receptor, calea aferentă, centrul nervos şi calea eferentă. În cadrul arcului reflex, un neuron stimulează următorul neuron din secvență, care îl stimulează pe următorul, şi tot aşa, pentru ca în final să se producă un răspuns specific, anticipat (reflexul).

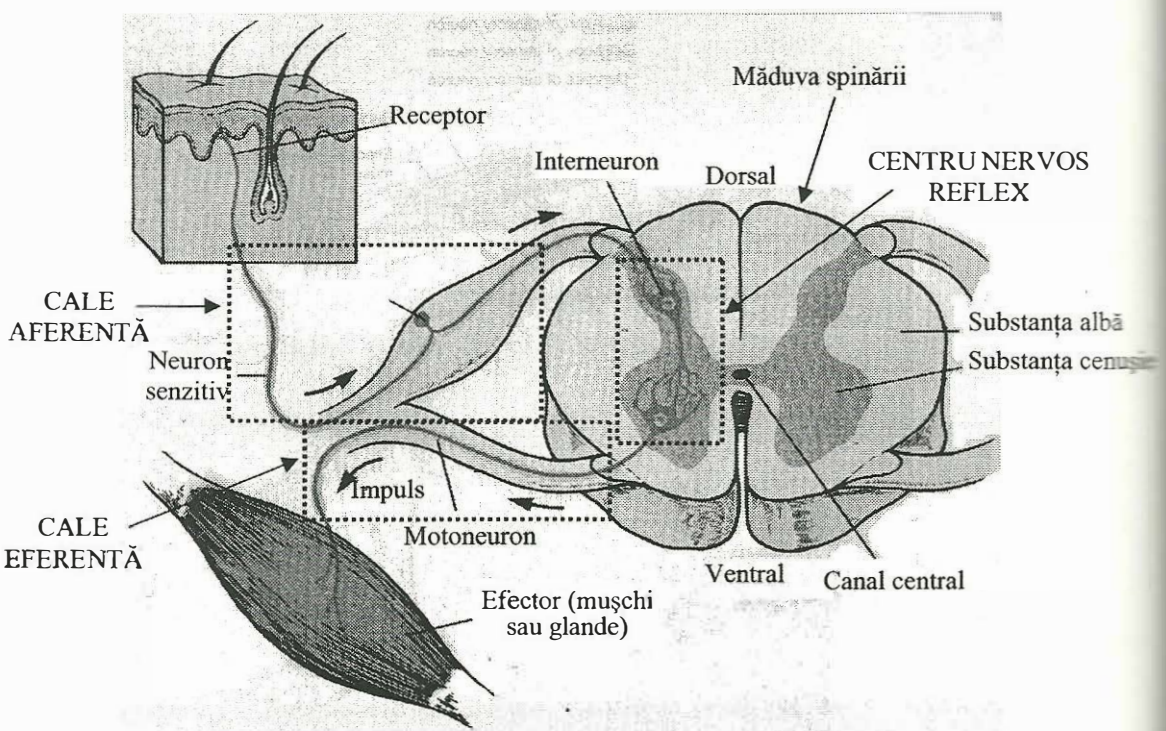


Figura 2.32. Arcul reflex medular. Un arc reflex include o cale aferentă ce aduce prin fibre senzitive informațiile de la receptori la un centru nervos reflex. Acesta prelucrează informația şi elaborează comenzi, care sunt conduse pe calea eferentă (prin fibre motorii) la efectori (adaptat după Shier, Butler, Lewis, 1999).

Calea aferentă este reprezentată de receptor şi de fibrele nervoase aferente centrului reflex. Receptorii sunt celule epiteliale specializate sau chiar dendritele neuronilor pseudounipolari din ganglionii spinali sau ai omologilor lor cranieni. Au proprietatea de a fi influențați de anumite modificări survenite

în mediul extern sau intern, generând ca răspuns impulsuri nervoase ce se propagă pe căi aferente până la centrul nervos situat în sistemul nervos central.

Centrii nervoşi sunt formaţiuni nervoase la nivelul căror ajung şi sunt prelucrate informaţiile culese de receptori. Uneori aceşti centri sunt bine delimitaţi, alteori se întind pe mai multe etaje nervoase. Aici se generează comenzile care ajung, pe calea eferentă, la organele efectoare.

Calea eferentă este formată din fibre nervoase motorii (axoni), de la centrii nervoşi la *organele efectoare*, la nivelul cărora declanşează un răspuns reflex.

Clasificarea reflexelor se face după mai multe criterii:

- după localizare pot fi: reflexe medulare, bulbare, pontine, mezencefalice, subcorticale, corticale.
- după numărul sinapselor pot fi: reflexe monosinaptice şi polisinaptice.
- după modul de apariţie pot fi: reflexe necondiţionate (înnăscute) şi condiţionate (dobândite în cursul vieţii). *Refexele necondiţionate* se închid la nivele inferioare ale axului cerebrospinal, la nivel medular sau al trunchiului cerebral, iar *reflexele condiţionate* se închid la nivelul scoarţei cerebrale.

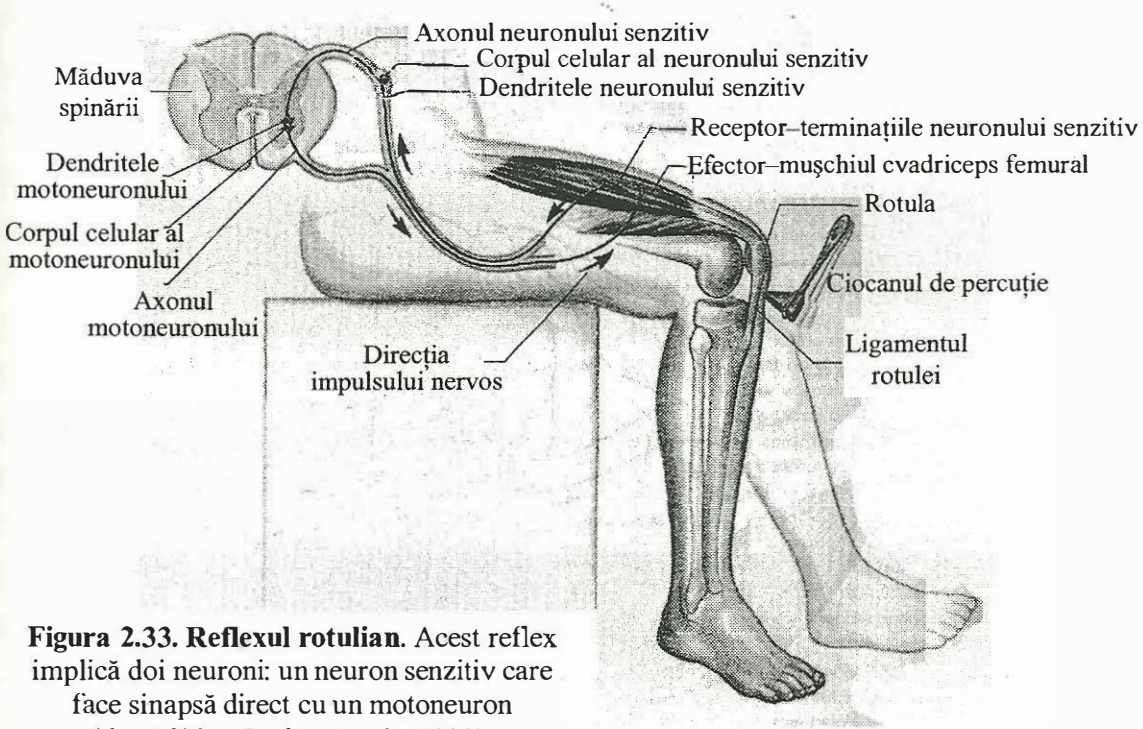


Figura 2.33. Reflexul rotulian. Acest reflex implică doi neuroni: un neuron senzitiv care face sinapsă direct cu un motoneuron (după Shier, Butler, Lewis, 1999).

Reflexele monosinaptice (osteotendinoase) sunt cele mai simple reflexe (ex. reflexul rotulian). Prin percuția tendonului rotulian se produce extensia gambei. Răspunsul este rapid, deoarece are la bază un arc reflex format din *doi neuroni*, neuronul senzitiv din ganglionul spinal făcând sinapsă direct cu motoneuronul din cornul anterior al măduvei spinării.

Reflexele polisinaptice. Spre deosebire de reflexele simple, monosinaptice, care încep și se termină la nivelul aceluiași mușchi, reflexele polisinaptice presupun participarea unor *neuroni intercalari* dispuși între neuronul senzitiv și cel motor, putând începe la nivelul unui organ și termina la nivelul altuia (Fig. 2.34).

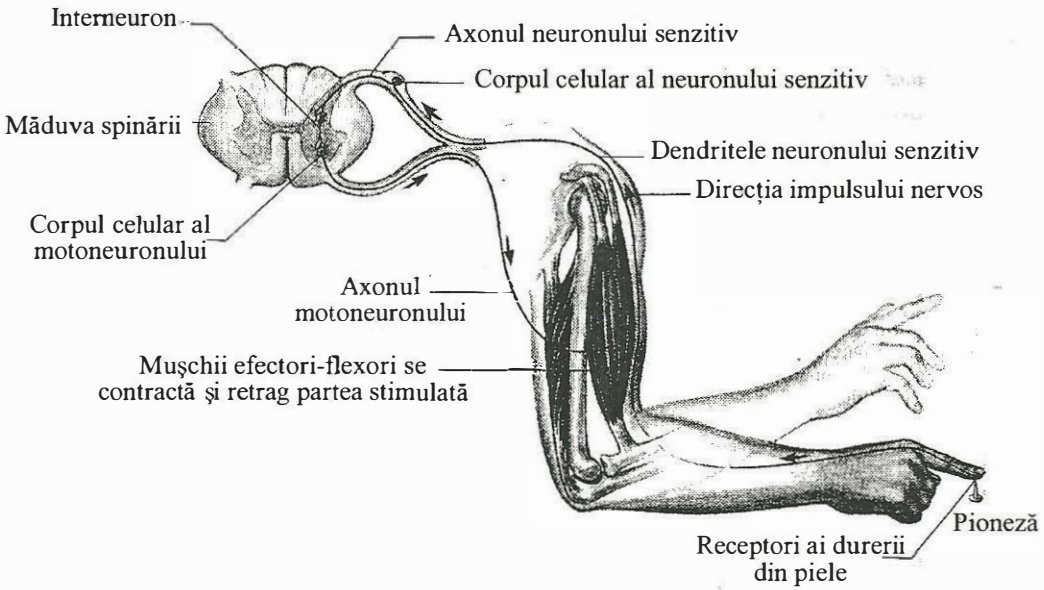


Figura 2.34. Reflexul de flexie. Acest reflex implică 3 neuroni: un neuron senzitiv, un interneuron și un motoneuron (după Shier, Butler, Lewis, 1999).

Arcul reflex poate conține fibre somatice, fibre vegetative sau un amestec de fibre. Au o latență mai mare deoarece au mai multe sinapse. Reflexele polisinaptice sunt: reflexul de flexie, reflexul cornean, de tuse, de strănut, de înghițire și supt, de locomoție, vegetative (circulatorii, respiratorii, digestive, urinare, sexuale).

CAPITOLUL III. **ANALIZATORII**

Analizatorii sunt structuri anatomo-funcționale specializate, cu ajutorul cărora sistemul nervos central preia informațiile din mediul extern sau din interiorul organismului. Ei pot fi considerați *canalele informaționale* ale sistemului nervos, constituind legătura acestuia cu mediul înconjurător şi cu propriul organism.

Analizatorii sunt alcătuiți din trei segmente: (1) **segmentul periferic** format din *receptori* specializați pentru a recepționa o anumită formă de energie din mediul extern sau intern (2) **segmentul intermediar** (de conducere) reprezentat de *căile nervoase* de legătură între receptori şi sistemul nervos central şi (3) **segmentul central** reprezentat de *ariile corticale senzitivo-senzoriale,* unde informațiile sunt prelucrate şi transformate în *senzații* specifice.

Recepția informației din mediul intern sau extern - *recepția senzorială* – începe la nivelul *receptorilor*. Ei pot fi părți componente ale unor organe specializate care îi protejează, numite *organe de simț,* cum ar fi ochiul, limba, nasul, urechea sau pot fi diseminați la nivelul altor structuri: tegument, mușchi, articulații, periostul oaselor, organe interne.

Receptorii funcționează ca *traductori* sau sisteme capabile să transforme o anumită formă de energie în impulsuri nervoase. Cu alte cuvinte, ei "traduc" informațiile din mediu într-un "limbaj" pe care sistemul nervos îl poate înțelege şi analiza - impulsul nervos. Fiecare tip de receptor este sensibil numai la o anumită formă de energie sau *stimul adecvat*. Stimulii sunt *variații energetice* .

Recepția unui stimul determină apariția unui **potențial de receptor** şi apoi a unor **potențiale de acțiune** (impulsuri nervoase) în fibrele nervoase cu care receptorii sunt în legătură. Potențialele de acțiune sunt "literele" alfabetului pe care îl înțelege sistemul nervos. În funcție de cum sunt grupate potențialele de acțiune, se alcătuiesc "cuvinte", "propoziții", pe care apoi sistemul nervos central, la nivelul ariilor corticale specifice, le analizează şi le transformă în *senzații*.

Receptorii sunt structuri specializate şi excitabile, care pot fi de mai multe *tipuri morfologice*:

A. Structuri aneurale

- *celule epiteliale specializate* (celule senzoriale) care prezintă structural doi poli: un pol apical care vine în contact cu factorul excitant şi un pol bazal, la nivelul căruia se găsesc terminaţii nervoase senzitive (de exemplu: receptorii gustativi, receptorii auditivi, receptorii vestibulari).

B. Structuri neurale

- *terminaţiile nervoase libere* - sunt arborizaţiile dendritice ale neuronilor pseudounipolari din ganglionii spinali sau omologii lor de pe traiectul unor nervi cranieni (receptorii pentru durere, receptorii termici).
- *terminaţiile nervoase încapsulate* sau *corpusculii senzitivi* – sunt mici structuri pluricelulare formate din una sau mai multe terminaţii nervoase senzitive, învelite într-o capsulă conjunctivă (receptorii tactili şi proprioceptorii).
- *neuronii bipolari* din mucoasa olfactivă (receptorii olfactivi) şi *celulele cu con* şi *celulele cu bastonaş* (neuroni modificaţi) de la nivelul retinei vizuale (fotoreceptorii).

Din punct de vedere *funcţional*, receptorii pot fi clasificaţi după mai multe criterii:

1. În funcţie de *provenienţa* stimulului:
   - ***exteroreceptorii*** – primesc stimuli din afara organismului şi cuprind o varietate largă de tipuri: mecanoreceptori (receptori auditivi, vestibulari, tactili, dureroşi), receptori vizuali, chemoreceptori şi termoreceptori.
   - ***proprioreceptorii*** – primesc informaţii de la periostul oaselor, articulaţii şi muşchii scheletici, privind tonusul şi gradul de întindere al muşchiului. Sunt mecanoreceptori implicaţi în reglarea funcţiilor motorii (fusurile neuromusculare, corpusculii Golgi).
   - ***interoreceptorii (visceroreceptori)*** – primesc stimuli din interiorul organismului şi sunt chemoreceptori, baroreceptori şi terminaţii nervoase libere.

2. În funcție de *tipul de energie* la care sunt sensibili:
   - ***mecanoreceptorii*** – sunt structuri sensibile la acțiunea *forțelor mecanice deformante*, asociate cu schimbări de presiune, poziție sau accelerare. Cu ajutorul lor sunt culese informații privind gravitația, variațiile de mișcare, de presiune, calitatea suprafețelor de contact, curenții de aer sau de apă, vibrațiile mediului. Deoarece formele de energie mecanică sunt foarte numeroase și gama de mecanoreceptori este largă.

Astfel, există mecanoreceptori care înregistrează presiunile exercitate la nivelul tegumentului. Ei sunt *receptorii sensibilității tactile* (analizatorul cutanat).

Alți mecanoreceptori înregistrează variațiile de tensiune și deplasările mecanice din mușchi, tendoane și articulații. Ei sunt *receptorii sensibilității proprioceptive* (analizatorul kinestezic).

Unii mecanoreceptori înregistrează variațiile de poziție și mișcare ale corpului. Ei sunt situați în urechea internă și constituie *receptorii sensibilității statice, de menținere a echilibrului* (analizatorul vestibular).

În sfârșit, o formă de mecanoreceptori înregistrează vibrațiile aerului din gama frecvențelor audibile. Ei sunt situați tot în urechea internă și formează *receptorii sensibilității acustice* (analizatorul acustic).

- ***termoreceptorii*** – sunt sensibili la *variațiile de temperatură* (terminații nervoase libere).
- ***fotoreceptorii*** - sensibili la *energia electromagnetică* din spectrul vizibil (celulele cu con și celulele cu bastonaș).
- ***chemoreceptorii*** - sensibili la *energia chimică* (ioni sau molecule dizolvate în fluidele din apropierea receptorului). Din această categorie fac parte receptorii gustativi și receptorii olfactivi.

ANALIZATORUL CUTANAT

Receptorii cutanați (tactili, termici și dureroși) sunt situați la nivelul tegumentului. Acești receptori sunt *terminații nervoase libere* și *terminații nervoase încapsulate*, sensibile la atingere, presiune și vibrații mecanice. În plus, terminațiile nervoase libere sunt sensibile și la stimulii dureroși și termici. Terminațiile nervoase libere au diametru mic și sunt slab mielinizate sau

nemielinizate. Cele încapsulate sunt formate din una sau mai multe terminații senzitive, învelite într-o capsulă conjunctivă şi se numesc şi *corpusculi senzitivi*. Terminațiile nervoase de la nivelul tegumentului (atât cele libere cât şi cele încapsulate) reprezintă porțiunile periferice, dendritice, ale neuronilor pseudounipolari senzitivi din ganglionii spinali de pe rădăcina dorsală a nervilor spinali (sensibilitatea cutanată a trunchiului şi membrelor) sau din ganglionul trigeminal (Gasser) de pe traiectul nervului trigemen V (sensibilitatea cutanată a feței şi capului).

Prin stimularea receptorilor cutanați se obțin informații despre forma, consistența, nivelul de contact cu organismul (atingere uşoară sau presiune crescută) şi efectul potențial nociv ai diferiților factori din mediu asupra țesuturilor.

Segmentul intermediar al analizatorului cutanat este reprezentat de *căile sensibilității exteroceptive*: sensibilitatea tactilă fină (epicritică) şi tactilă grosieră (protopatică), sensibilitatea termică şi sensibilitatea dureroasă. Căile sensibilității cutanate sunt căi nervoase de conducere a impulsurilor, formate din neuroni de trei ordine (protoneuronul, deutoneuronul şi neuronul de ordinul al III-lea), aflați în contacte sinaptice succesive (în lanț).

Segmentul central al analizatorului cutanat se găseşte la nivelul scoarței cerebrale a lobului parietal, în *girul postcentral* (aria sensibilității generale sau somestezică I), de partea opusă ariei tegumentare receptoare.

TEGUMENTUL

Tegumentul (pielea) formează învelişul extern, protector al organismului, constituind *interfața* acestuia cu mediul înconjurător. Are o suprafață de 1,5 – 2 m^2 şi o greutate de aproximativ 4 kg. Pielea este un *imens câmp receptor*, deoarece la nivelul ei se găsesc numeroşi receptori senzoriali, în jur de 230/cm^2, numiți receptori cutanați. Aceştia reprezintă *segmentul periferic al analizatorului cutanat*.

Unele regiuni ale pielii sunt acoperite cu păr, altele nu, alcătuind *pielea glabră*. La nivelul acesteia se găsesc numeroase tipuri de receptori, iar la nivelul zonelor acoperite cu păr, predomină receptorii anexați foliculilor piloşi. Pielea

se continuă, la nivelul orificiilor naturale ale organismului, cu *mucoasele*. Şi acestea conţin receptori, cu aceleaşi caracteristici ca receptorii cutanaţi.

STRUCTURA PIELII

Pielea este alcătuită din două straturi principale: *epidermul* şi *dermul*, sub care se găseşte stratul subcutanat sau *hipodermul* (Fig. 3.1).

Epidermul, stratul superficial al pielii, este un epiteliu pluristratificat scvamos, alcătuit din 5 straturi celulare la nivelul degetelor, feţei palmare a mâinii şi feţei plantare a piciorului şi din 4 straturi în restul tegumentului. Dintre acestea, stratul profund se numeşte stratul bazal, iar cel superficial stratul cornos. *Stratul bazal*, cu rol germinativ, conţine celule cu rată mitotică înaltă, pe baza căruia se formează celulele celorlalte straturi epidermice. *Stratul cornos* conţine la suprafaţă celule complet keratinizate, care se exfoliază continuu şi formează o barieră impermeabilă pentru apă, gaze şi diferiţi agenţi chimici. La nivelul epidermului nu se găsesc vase de sânge, el fiind hrănit prin difuziune de vasele de sânge din derm.

În epiderm există mai multe tipuri de celule: keratinocite, melanocite şi celulele Langerhans. *Keratinocitele*, care sunt cele mai numeroase, au rolul de a produce *keratina*, o proteină fibroasă, impermeabilă pentru apă şi gaze, care conferă epidermului rolul protector. Ele se formează la nivelul stratului bazal şi sunt împinse spre suprafaţă, unde se exfoliază, pe măsura formării de noi celule la nivelul stratului profund. *Melanocitele* au rolul de a sintetiza *melanina*, pigment care dă culoarea pielii. Ele sunt dispuse în stratul profund ale epidermului şi trimit prelungiri ramificate între celulele celorlalte straturi. *Celulele Langerhans* se formează în măduva osoasă şi apoi migrează la nivelul epidermului. Ele sunt un tip de macrofage care au rolul de a creşte imunitatea tegumentului, formând o *barieră biologică* împotriva virusurilor şi bacteriilor care au pătruns în epiderm.

Receptorii din epiderm sunt terminaţiile nervoase libere şi discurile Merkel. Între celulele epidermului pătrund *terminaţii nervoase libere*, sensibile la *durere* şi *temperatură*. La nivelul joncţiunii epiderm-derm, printre celulele stratului bazal, se găsesc *discurile Merkel*, formate dintr-o celulă epidermică hemisferică care vine în contact cu o singură terminaţie nervoasă în formă de

disc. Funcțional, discurile Merkel sunt *receptori tactili,* sensibili la atingere și sunt mai numeroși la nivelul degetelor.

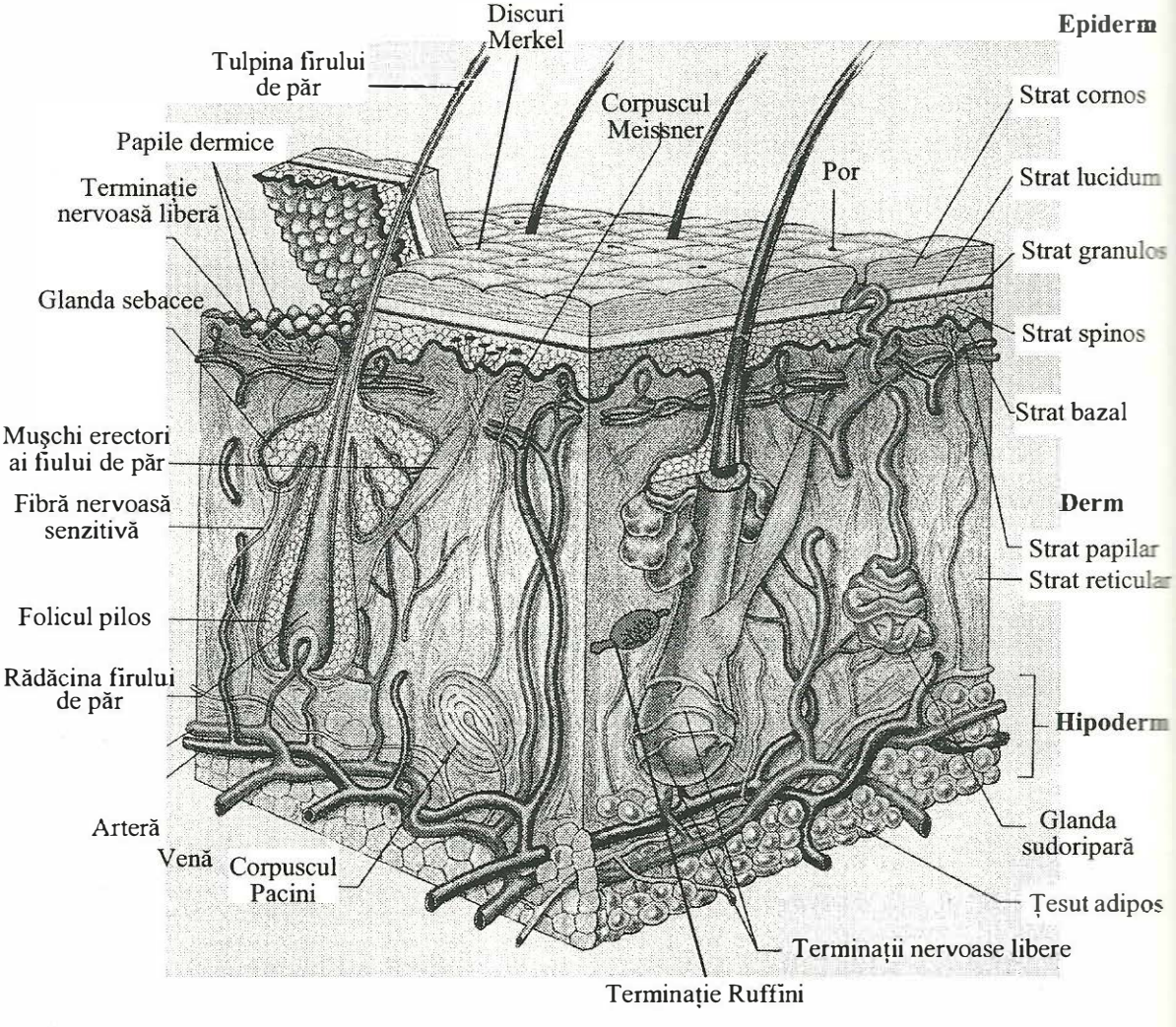


Figura 3.1. Structura pielii. O schemă tridimensională a tegumentului (după Marieb, 1998).

Dermul, al doilea strat principal al pielii, este format din țesut conjunctiv dens. Conține numeroase vase de sânge, vase limfatice și terminații nervoase libere și încapsulate. Foliculii piloși, mușchii erectori ai firelor de păr, glandele sebacee și sudoripare, deși de origine epidermică, sunt găzduiți la nivelul dermului. Dermul este format din două straturi celulare, stratul papilar și stratul reticular. *Stratul papilar* prezintă spre epiderm numeroase ridicături tronconice, numite *papile dermice*. Prezența acestora mărește considerabil suprafața de contact a dermului cu epidermul, crescând aderența dintre ele și constituind o

suprafață mare de schimb a oxigenului şi substanțelor nutritive dintre cele două straturi. Papilele dermice de la nivelul palmelor, tălpilor şi degetelor sunt mai voluminoase şi dispuse în şiruri paralele, formând *crestele papilare*. Acestea sunt caracteristice fiecărui individ şi prin întipărire formează *amprentele*.

Receptorii din derm. La nivelul papilelor şi crestelor dermice se găsesc *plexuri nervoase,* formate din *terminații nervoase libere*, care recepționează stimulii tactili, termici şi dureroşi. Terminații nervoase libere se găsesc şi în jurul foliculilor piloşi, fiind sensibile la mişcările firelor de păr.

În derm se găsesc şi terminații nervoase încapsulate, numite *corpusculi senzitivi*. Ei sunt de mai multe tipuri:

- *corpusculii Meissner*, de mici dimensiuni şi formă ovoidă, sunt mai numeroşi la nivelul degetelor, pleoapelor şi organelor genitale externe. Ei conțin o terminație nervoasă de formă spiralată, înconjurată de celule Schwann, iar la exterior prezintă o capsulă conjunctivă subțire. Funcțional, sunt sensibili la *atingeri uşoare*, jucând acelaşi rol în zonele fără păr cu cel al plexurilor nervoase din jurul foliculilor piloşi.
- *corpusculii Krause*, o varietate a corpusculilor Meissner, dar de dimensiuni mai mici, se găsesc atât în dermul de la nivelul orificiilor naturale ale organismului care se continuă cu mucoasele, cât şi la nivelul acestora unde sunt mult mai numeroşi: buze, mucoasă bucală şi conjunctivă. Rolul lor nu este cunoscut cu precizie, în trecut fiind considerați receptori pentru rece.
- *corpusculii Ruffini* sunt dispuşi în dermul profund şi în hipoderm, dar şi la nivelul capsulelor articulare (proprioceptori). Sunt formați dintr-o capsulă conjunctivă aplatizată care înveleşte terminația nervoasă bogat ramificată. Funcțional, ei sunt mecanoreceptori, sensibili la *presiune*.
- *corpusculii Pacini* sunt cei mai voluminoşi corpusculi senzitivi, cu dimensiuni cuprinse între 2mm -1 cm. Au aspect ovoidal şi sunt constituiți dintr-o capsulă conjunctivă, formată din 20-70 de straturi concentrice, care înconjoară terminația nervoasă. Sunt situați la nivelul dermului profund şi în hipoderm, fiind mai numeroşi la nivelul degetelor. Se găsesc, de asemenea, la nivelul mezenterului (interoceptori) şi în periostul oaselor (proprioceptori). Funcțional, corpusculii Pacini sunt sensibili la *presiune* şi *vibrații* (Fig. 3.1).

Hipodermul (stratul subcutanat) este situat sub derm. Este format din țesut conjunctiv lax și conține numeroase celule adipoase. La nivelul adipocitelor se depozitează grăsimi, formând *paniculul adipos* cu grosimi variabile în diferite zone ale corpului. Acesta are rolul de absorbant al șocurilor și de strat protector termic, micșorând pierderile de căldură. Printre celulele hipodermului se găsesc corpusculii senzitivi Ruffini și Pacini. Hipodermul ancorează pielea de organele subiacente (mușchi, oase), permițând alunecarea acesteia.

În concluzie, la nivelul tegumentului se găsesc receptori pentru mai multe *tipuri de sensibilitate cutanată: tactilă, termică* și *dureroasă*.

- Informațiile tactile, termice și dureroase de la nivelul tegumentului feței și capului sunt culese de fibrele senzitive ale nervilor trigemeni (V), ajung în trunchiul cerebral și de aici, prin lemniscurile trigeminale, la talamus. Ariile corticale unde se proiectează sunt extinse și se găsesc în lobul parietal, girusul postcentral (aria somestezică I).

- Deși toate tipurile de sensibilitate cutanată de la nivelul trunchiului și membrelor au *protoneuronul* situat în ganglionii spinali, receptorii și căile de conducere diferă morfologic (vezi căile sensibilității exteroceptive de la măduva spinarii).

Sensibilitatea tactilă. Receptorii tactili fac parte din categoria *mecanoreceptorilor*, sensibili la acțiunea forțelor mecanice deformante și sunt în majoritate *terminații nervoase încapsulate*, dispuși în derm și hipoderm. La nivelul epidermului profund se găsesc discurile Merkel. Sensibilitatea tactilă variază în funcție de densitatea receptorilor din diferite arii tegumentare și este corelată cu mărimea ariei de proiecție corticală. Zonele cele mai sensibile sunt buzele și vârful degetelor, iar cele mai puțin sensibile sunt tegumentul spatelui și al tălpilor.

!! Nevăzătorii își folosesc vârfurile degetelor pentru a citi în *alfabetul Braille*, alcătuit din puncte. Acestea au 1mm înălțime și sunt dispuse la 2,5 mm distanță, o literă fiind formată din maximum 6 puncte. Un cititor experimentat în Braille poate parcurge până la 600 de litere pe minut, viteză aproximativ egală cu a unei persoane care citește cu voce tare.

Informațiile culese de receptorii tactili sunt transmise la scoarța cerebrală prin intermediul *căilor sensibilității tactile fine (epicritice)* și *a sensibilității tactile grosiere (protopatică)*, care constituie *segmentul intermediar* al analizatorului cutanat. Sensibilitatea tactilă fină se transmite prin fasciculele spino-bulbare și apoi prin lemniscurile mediale până la talamus, iar centrii corticali se află în aria somestezică I din girul postcentral, lobul parietal. Sensibilitatea tactilă grosieră se transmite prin fasciculele spino-talamice anterioare, iar segmentul central este reprezentat tot de aria somestezică I.

Sensibilitatea termică. Receptorii termici sunt *terminații nervoase libere*, dispuse în epiderm și derm și sunt de două tipuri: *receptori pentru cald* și *receptori pentru rece*, care sunt și cei mai numeroși. Termoreceptorii sunt stimulați de variațiile de temperatură, *comparativ* cu temperatura tegumentului unde sunt situați. Repartiția receptorilor termici variază în diferite arii tegumentare. Astfel, la nivelul tegumentului feței se găsesc numeroși receptori pentru rece. Regiunile păroase ale capului și limba sunt foarte puțin sensibile la cald. Receptorii termici joacă un rol important în declanșarea unor reflexe care mențin constantă temperatura corpului (*termoreglarea)*. La temperaturi scăzute se produce *frisonul termic* (dârdâitul) iar la temperaturi mari ale mediului, crește cantitatea de sudoare, care prin evaporare la suprafața tegumentului (transpirația) scade temperatura corpului.

Sensibilitatea dureroasă. Receptorii pentru durere (nociceptorii) sunt terminații nervoase libere, amielinice, distribuite în epiderm și derm. Nociceptorii sunt *receptori polimodali*, deoarece pot fi stimulați de diferiți factori: mecanici, termici sau chimici, dacă intensitatea acestora este excesivă, punând în pericol integritatea țesuturilor. Ei semnalează că țesuturile sunt lezate sau în pericol de a fi lezate și generează senzația de durere.
Sensibilitatea termică și dureroasă de la nivelul trunchiului și membrelor se transmit prin fasciculele spino-talamice laterale, iar centrii corticali se găsesc în girusul postcentral, lobul parietal (Fig. 3.2).

Receptorii pentru durere au o largă distribuție la nivelul organismului, fiind prezenți și în periostul oaselor, mușchi, organe interne și vase de sânge. Lipsesc la nivelul encefalului, dar sunt prezenți în meninge.

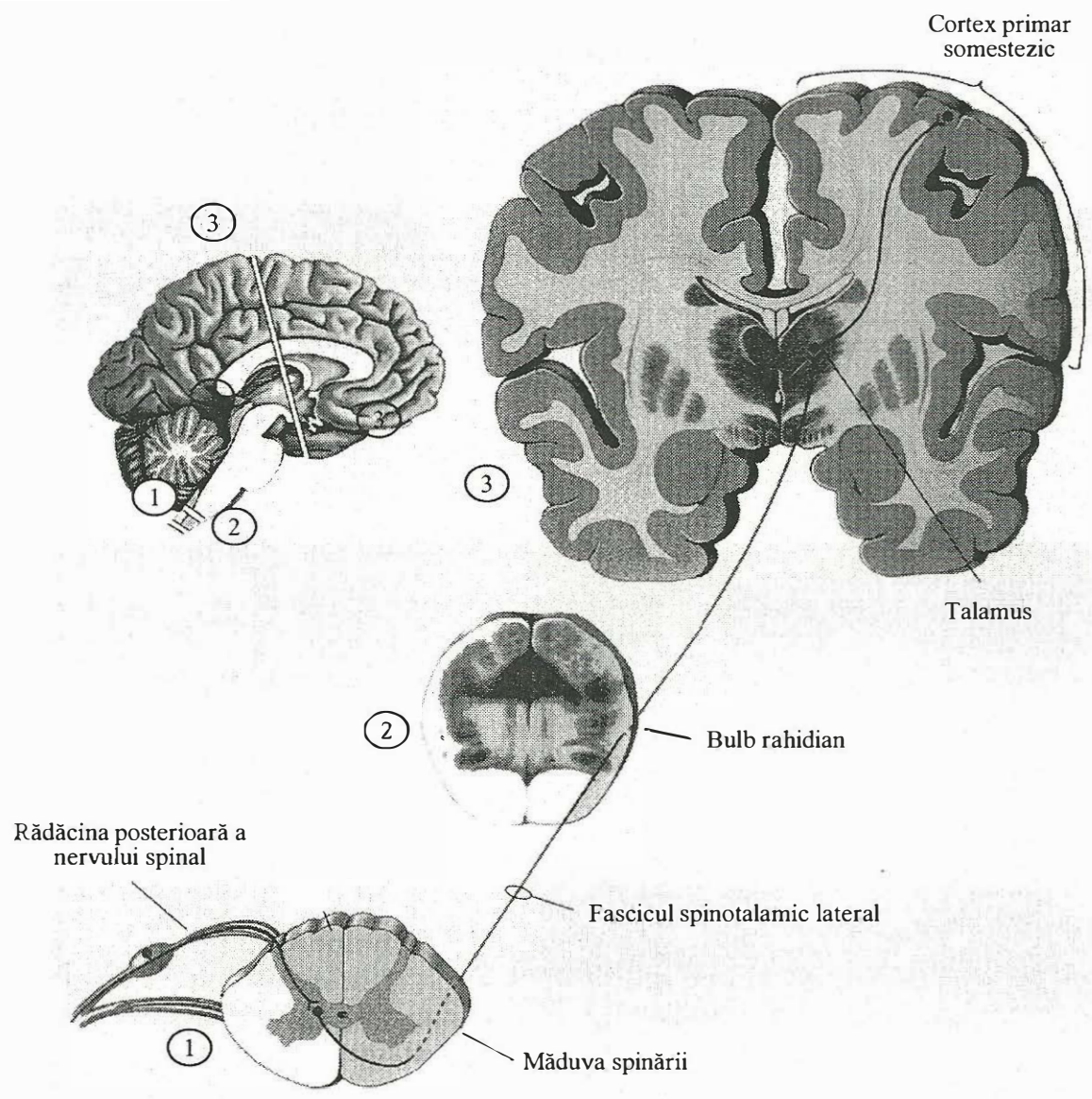


Figura 3.2. Calea spinotalamică laterală. Aceasta este calea prin care informațiile despre temperatură şi durere ajung la scoarța cerebrală (după Bear, Connors, Paradiso, 2001).

Segmentul central al analizatorului cutanat, pentru toate tipurile de sensibilitate cutanată (tactilă, termică şi dureroasă) este situat în lobul parietal, girusul postcentral. *Aria somato-senzitivă primară* sau *somestezică* (SI) este format din 4 arii corticale distincte, ariile Brodmann 3a, 3b, 1 şi 2, de la scizura Rolando spre lobul parietal. Lateral față de baza ariei SI este *cortexul somestezic secundar* (SII). Tot din cortexul somestezic fac parte şi *ariile corticale 5* şi *7,* situate posterior de SI, la nivelul cortexului parietal (Fig. 3.3).

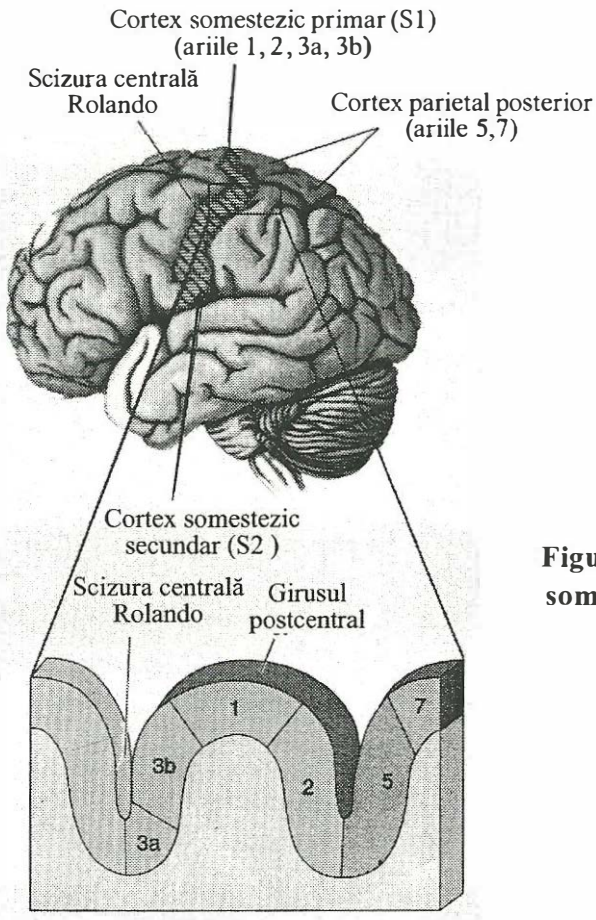


Figura 3.3. Structura cortexului somestezic (după Bear, Connors, Paradiso, 2001).

Conexiunile dintre diferitele arii ale cortexului somestezic sunt întotdeauna *bidirecționale* şi au *rol asociativ*.

Fiecare punct de pe tegument are reprezentare corticală. Diferitele zone tegumentare au la nivelul cortexului somestezic o întindere direct proporțională cu sensibilitatea lor, dată de densitatea receptorilor periferici. Dacă s-ar reprezenta grafic diferitele zone ale corpului, s-ar obține un omuleț deformat, *homunculus senzitiv*, adică o *reprezentate somatotopică* a corpului (vezi scoarța cerebrală).

!! Ariile corticale sunt structuri dinamice care se modifică în funcție de *cantitatea de informație* primită. Această ajustare funcțională este un exemplu de plasticitate corticală. Reprezentative în acest sens sunt cazurile de amputare. O senzație obişnuită în aceste situații este cea de "membru fantomă" sau perceperea unor senzații care vin de la membrul amputat, generate de stimularea altor zone ale corpului. Aceste senzații sunt

produse prin atingerea zonelor tegumentare a căror reprezentare corticală somatotopică se învecinează cu cea a membrului lipsă. De exemplu, prin stimularea feței se pot genera senzații de la nivelul unui braț fantomă. Această plasticitate corticală permite utilizarea în continuare a tuturor ariilor corticale, chiar dacă zona tegumentară pe care a deservit-o nu mai există.

Anexele tegumentului. ***Anexele glandulare*** ale pielii sunt reprezentate de *glandele sudoripare*, *glandele sebacee* şi *glandele mamare*, iar ***anexele cornoase*** ***(fanerele)*** sunt reprezentate de *firele de păr* şi *unghii*.

ANALIZATORUL ACUSTICO-VESTIBULAR

La vertebrate şi implicit la om, receptorii sensibilității acustice (de detectare a sunetelor) şi statice (de detectare a modificării poziției şi menținere a echilibrului) sunt localizați la nivelul urechii interne. Receptorii acustici şi receptorii vestibulari fac parte din categoria mecanoreceptorilor şi sunt *celule epiteliale senzoriale*, prevăzute cu cili la polul apical.

URECHEA - MORFOLOGIE ŞI STRUCTURĂ

Urechea este formată din trei porțiuni, diferite ca structură şi funcție: urechea externă, urechea medie şi urechea internă. Segmentul periferic al analizatorului acusticovestibular se găseşte la nivelul urechii interne.

Urechea externă este formată din pavilionul urechii şi conductul auditiv extern. *Pavilionul urechii* este o structură cartilaginoasă acoperită de tegument, care prezintă numeroase reliefuri cu rol în direcționarea undelor sonore spre conductul auditiv extern. *Conductul auditiv extern* este căptuşit de tegument care prezintă peri, glande sebacee şi glande sudoripare modificate, numite *glande ceruminoase*, secretoare de cerumen. Canalul auditiv extern se întinde până la *membrana timpanică* (Fig.3.4).

Urechea medie este o cavitate de formă cubică, săpată în stânca osului temporal, căptuşită cu mucoasă. *Peretele lateral* al urechii medii este format de membrana timpanică. *Peretele anterior* prezintă orificiul trompei lui Eustachio, care leagă urechea medie de nazofaringe şi are rol de egalizare a presiunii

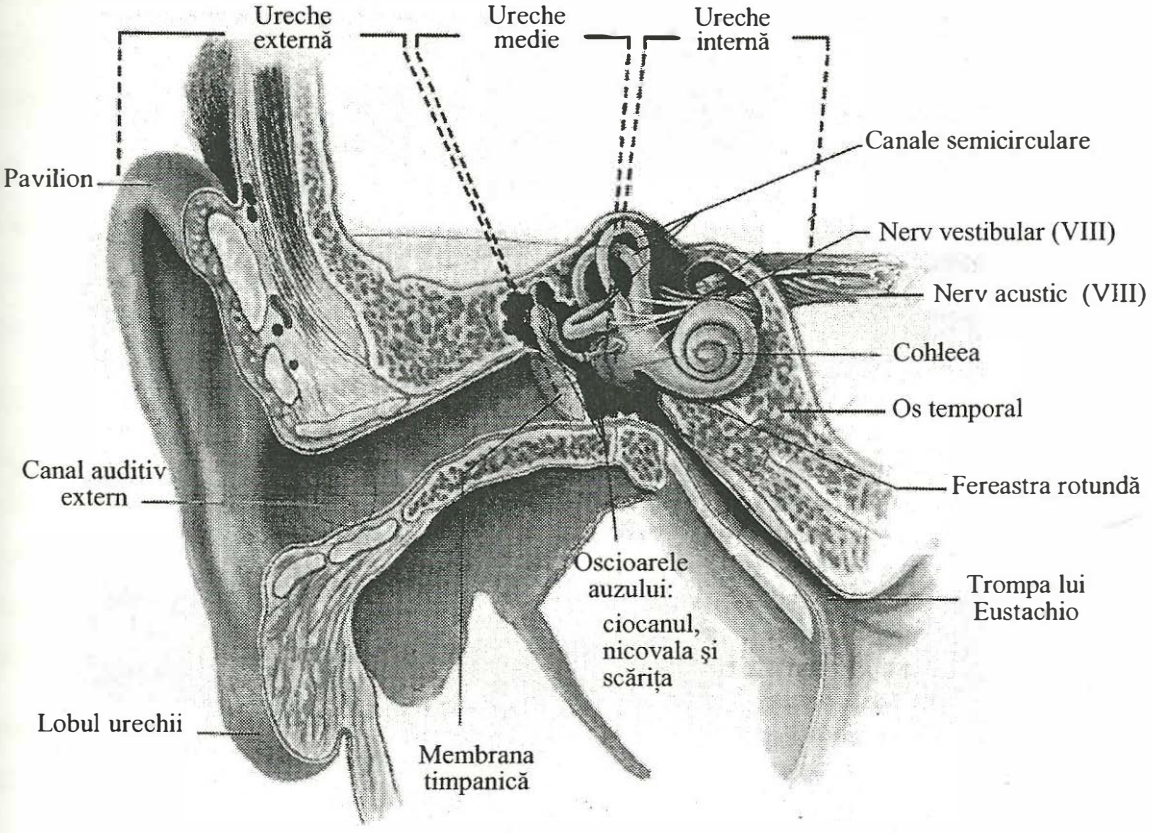


Figura 3.4. Anatomia urechii (după Van De Graaff, 2000).

aerului pe cele două fețe ale timpanului. *Peretele posterior* comunică cu cavitățile mastoidiene de la nivelul procesului mastoid al osului temporal. *Peretele medial* desparte urechea medie de cea internă şi prezintă două orificii: *fereastra ovală*, superior şi *fereastra rotundă*, inferior. Între membrana timpanică şi fereastra ovală sunt dispuse *oscioarele auzului*, articulate între ele: *ciocanul, nicovala* şi *scărița*. Ciocanul se sprijină pe timpan, iar scărița, pe fereastra ovală. Prin lanțul de oscioare ale auzului se transmit *vibrațiile timpanului* determinate de undele sonore, la perilimfa rampei vestibulare, care începe la nivelul ferestrei ovale.

Urechea internă este formată din mai multe cavități care comunică între ele, săpate în stânca osului temporal, care constituie împreună ***labirintul osos***. În interiorul labirintului osos se găseşte ***labirintul membranos***, cu aproximativ aceeaşi formă, la nivelul căruia sunt dispuşi receptorii acustici şi vestibulari.

Între labirintul osos şi cel membranos se află un spaţiu care conţine un lichid numit *perilimfă*, iar labirintul membranos conţine *endolimfa* (Fig.3.5).

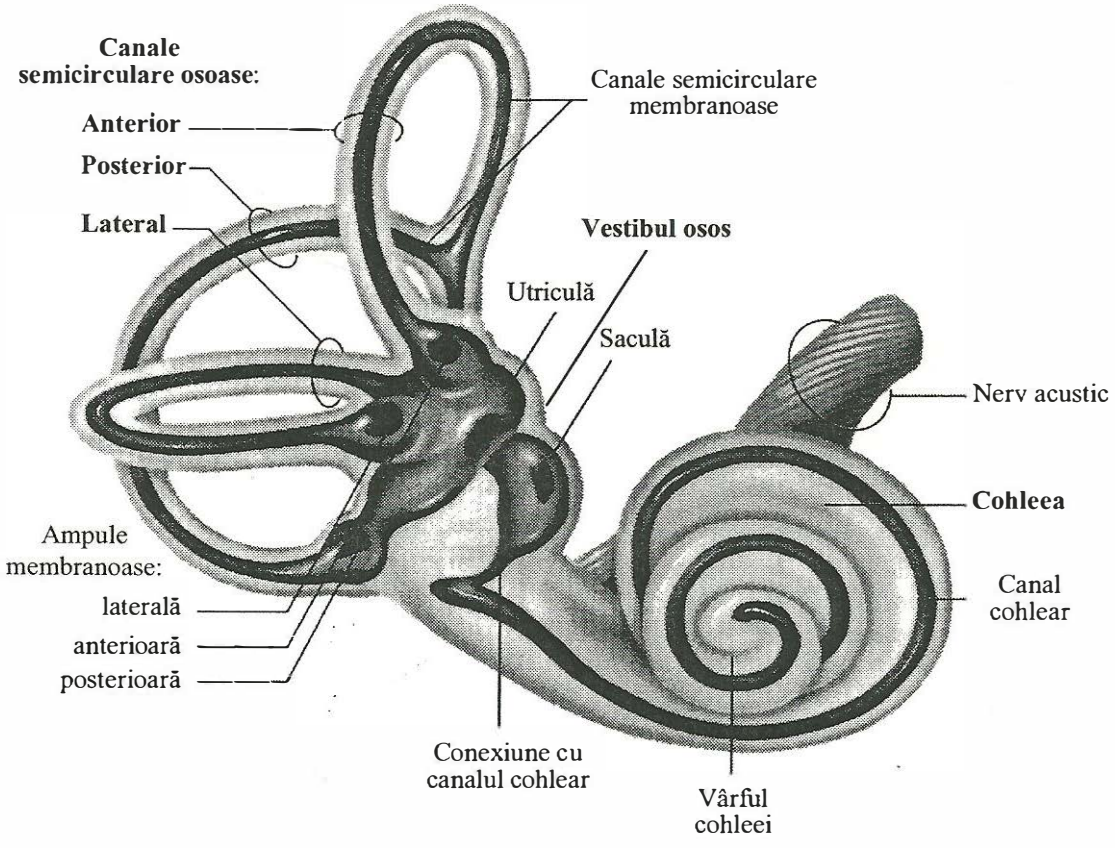


Figura 3.5. Labirintul osos şi labirintul membranos (după Van De Graaff, 2000).

A) Labirintul osos este format din: vestibulul osos, canalele semicirculare osoase şi melcul osos (cohleea). ***Vestibulul osos*** este situat central şi comunică atât cu urechea medie prin fereastra ovală şi fereastra rotundă, cât şi cu cele trei canale semicirculare osoase şi cu melcul osos. ***Canalele semicirculare*** sunt orientate în cele trei planuri ale spaţiului şi prezintă fiecare câte o extremitate mai dilatată, numită *ampulă*. ***Melcul osos (cohleea)***, situat anterior de vestibul, este format dintr-un canal osos, răsucit de două ori şi jumătate în jurul unui ax central, de formă conică, numit *columelă*. În interiorul columelei se află mici cavităţi în care este adăpostit *ganglionul spiral Corti*. Pe columelă se prinde o lamă osoasă, numită *lama spirală* care este întregită de membrana bazilară a melcului membranos. Împreună, ele împart lumenul canalului osos în două

rampe: una superioară, numită *rampa vestibulară* (corespunzătoare ferestrei ovale) şi una inferioară, *rampa timpanică* (corespunzătoare ferestrei rotunde). Cele două rampe comunică între ele la vârful melcului osos, printr-un orificiu numit *helicotremă.*

B) Labirintul membranos este format din *utriculă* şi *saculă* (dispuse la nivelul vestibulului osos), *canalele semicirculare membranoase* (în interiorul celor osoase) şi *melcul membranos* (în interiorul melcului osos). Toate conţin endolimfă (Fig. 3.5).

Utricula şi ***sacula*** sunt două mici vezicule care comunică între ele, dispuse la nivelul vestibulului osos. Sacula comunică printr-un canal scurt cu porţiunea iniţială a melcului membranos. În utriculă se deschid cele ***trei canalele semicirculare membranoase*** prin 5 deschideri (două se contopesc). Ca şi cele osoase, canalele semicirculare membranoase prezintă câte o extremitate dilatată, numită ampulă.

Receptorii vestibulari se găsesc în utriculă, saculă şi extremităţile ampulare ale canalelor semicirculare membranoase.

Utriculă şi sacula prezintă fiecare câte o formaţiune receptoare, mai proeminentă, formată dintr-un epiteliu senzorial, numită ***maculă otolitică***. Macula utriculară şi macula saculară sunt alcătuite din *celule senzoriale (receptorii vestibulari)* şi celule de susţinere. Celulele senzoriale sunt prevăzute la polul apical cu cili. Aceştia sunt cuprinşi într-o substanţă gelatinoasă, numită *membrana otolitică,* care acoperă suprafaţa maculei. În stratul superficial al substanţei gelatinoase se găsesc numeroase granule de carbonat de calciu de mici dimensiuni, numite *otolite*. Acestea îngreunează substanţa gelatinoasă şi îi măresc inerţia. Macula utriculară are o poziţie orizontală, iar macula saculară este verticală. Receptorii vestibulari din maculele otolitice detectează *modificările de poziţie* şi *acceleraţie liniară a capului*, jucând un rol important în controlul posturii. Ei sunt stimulaţi de presiunea exercitată asupra cililor de la polul apical de către membrana otolitică, la schimbarea unghiului dintre otolite şi direcţia de acţiune a forţei gravitaţionale (Fig. 3.6).

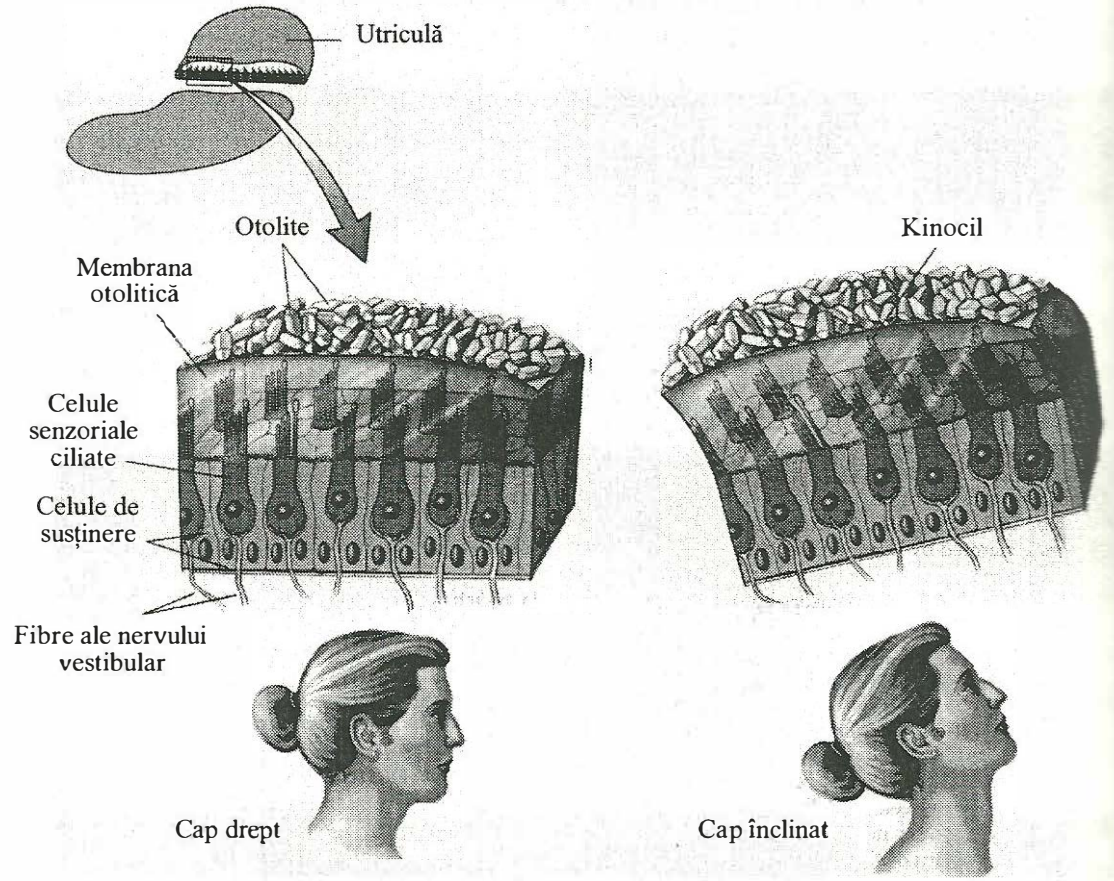


Figura 3.6. Maculele otolitice şi modul de stimulare. Când capul este drept, cilii celulelor senzoriale sunt comprimaţi uniform de membrana otolitică. Dacă se înclină capul, membrana otolitică se mişcă, determinând deformarea cililor (după Bear, Connors, Paradiso, 2001).

Crestele ampulare sunt localizate la nivelul extremităţilor ampulare ale canalelor semicirculare membranoase. Crestele sunt mai înalte decât maculele şi conţin celule de susţinere şi celule senzoriale. Cilii de la polul apical al acestora sunt mai lungi şi mai groşi decât cei din macule. Ei sunt enclavaţi într-o masă gelatinoasă în formă de *cupolă*, care nu conţine otolite. Receptorii vestibulari din crestele ampulare sunt stimulaţi de *mişcărilor de rotaţie ale capului*. În timpul mişcării de rotaţie, are loc deplasarea endolimfei din interiorul canalelor semicirculare membranoase, care deformează crestele ampulare şi cilii celulelor senzoriale (Fig. 3.7).

La polul bazal al celulelor senzoriale din macule şi din crestele ampulare se găsesc dendrite ale neuronilor bipolari din *ganglionul vestibular Scarpa*. Axonii

acestor neuroni formează *nervul vestibular*, parte componentă a nervului acusticovestibular (VIII).

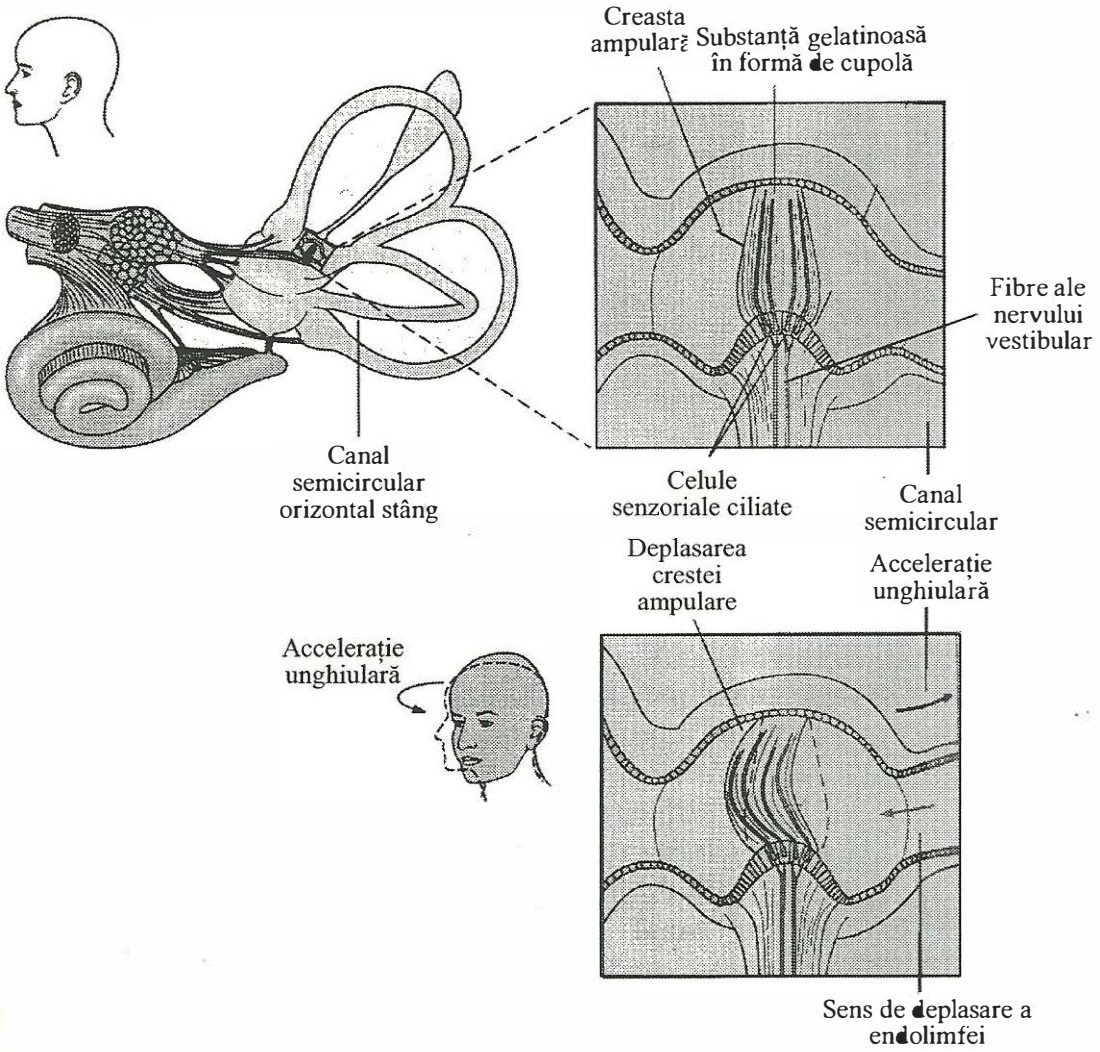


Figura 3.7. Crestele ampulare şi modul de stimulare. Cilii din creasta ampulară sunt deformați de endolimfa care se mişcă în sens invers față de direcția de rotație a capului (după Kandel, Schwartz, Jessell, 2000).

!! **Răul de mişcare** (rău de mare, rău de maşină, rău de înălțime) este provocat de suprastimularea celulelor senzoriale din macule şi crestele ampulare, combinată cu stimuli vizuali şi stări de teamă. Impulsurile nervoase care pleacă de la nivelul aparatului vestibular activează *centrii vomei* din bulbul rahidian, situați în vecinătatea nucleilor vestibulari, ceea ce declanşează simptomatologia specifică.

Melcul membranos (canalul cohlear) se găseşte în interiorul melcului osos, pe care însă nu îl ocupă în întregime. Astfel, canalul osos al cohleei este compartimentat în trei spaţii: rampa vestibulară, canalul cohlear şi rampa timpanică. *Canalul cohlear* este un conduct tubular, de formă triunghiulară în secţiune. Este despărţit de rampa vestibulară prin *membrana vestibulară* (inserată între baza lamei spirale şi peretele melcului osos) şi de rampa timpanică prin lama spirală osoasă, completată de *membrana bazilară*. Rampa vestibulară şi cea timpanică conţin perilimfă, iar canalul cohlear conţine endolimfă. În canalul cohlear, dispus pe membrana bazilară în toată lungimea melcului, se găseşte *organul Corti*. Acesta este organul receptor auditiv, format din celule de susţinere şi celule senzoriale (receptorii acustici) (Fig. 3.8).

Celulele senzoriale sunt aranjate într-un şir intern şi altul extern, primul format dintr-un singur rând de celule, iar cel de-al doilea, din 3-4 rânduri de celule. Celulele receptoare sunt prevăzute cu cili (stereocili) la polul apical, dintre care unul are o structură specială şi se numeşte *kinocil*. Cilii sunt enclavaţi într-o membrană care la o extremitate aderă la lama spirală osoasă, iar la cealaltă pluteşte liber în endolimfă, numită *membrana tectoria*. La polul bazal al celulelor auditive se găsesc dendritele, dispuse în spirală, ale neuronilor bipolari senzitivi din *ganglionul spiral Corti,* situat la nivelul columelei.

Înregistrarea sunetelor este determinată de deformarea cililor celulelor senzoriale auditive din organul Corti. Sunetele sunt vibraţii ale aerului. O vibraţie este o formă de energie mecanică, transmisă de la sursa generatoare printr-o serie de comprimări şi rarefieri ale moleculelor din mediu. Deoarece vibraţiile pot fi reprezentate sub forma unor unde, sunetele se mai numesc şi *unde sonore*. Viteza de propagare a sunetului prin aer la 0°C este de 332 m/s. Când undele sonore se deplasează în interiorul urechii umane, ele ajung la membrana timpanică pe care o fac să vibreze. Vibraţiile timpanului sunt preluate şi amplificate de ciocan, nicovală şi scăriţă şi transmise ferestrei ovale. Vibraţiile membranei ferestrei ovale sunt transmise perilimfei din rampa vestibulară şi apoi, prin helicotremă, perilimfei din rampa timpanică. Mişcările perilimfei antrenează în mişcare pereţii canalului cohlear, determinând şi vibraţia membranei bazilare. Membrana bazilară antrenează în mişcarea şi celulele senzoriale, ai căror cili vor fi împinşi spre membrana tectoria şi deformaţi. Aceste modificări mecanice determină depolarizarea celulelor

auditive şi generarea impulsurilor nervoase, care vor fi transmise pe calea acustică, la scoarța cerebrală.

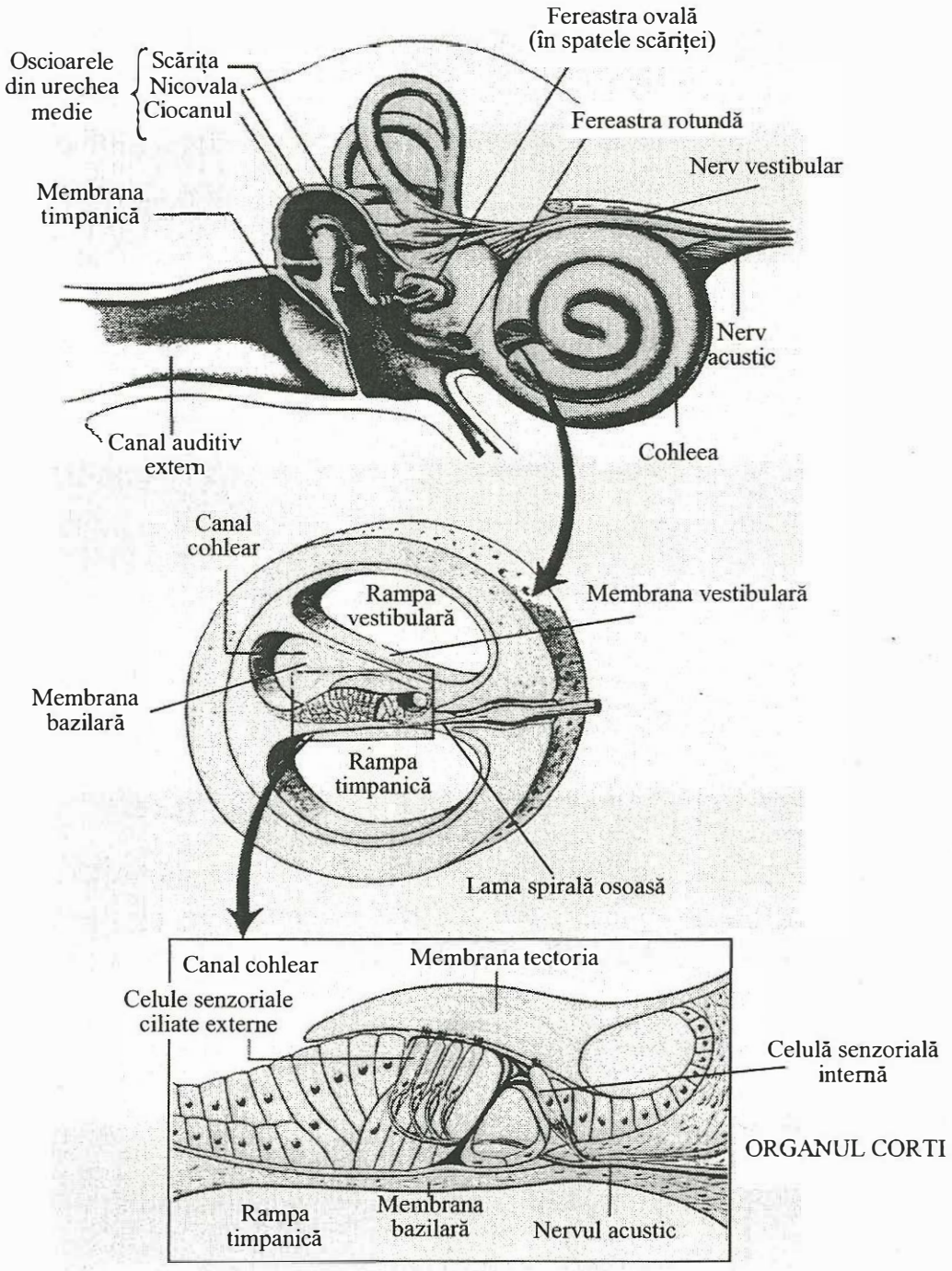


Figura 3.8. Canalul cohlear şi organul Corti (după Starr & Taggart, 1992).

Segmentul intermediar al analizatorului acustico-vestibular cuprinde două căi nervoase: calea vestibulară şi calea acustică.

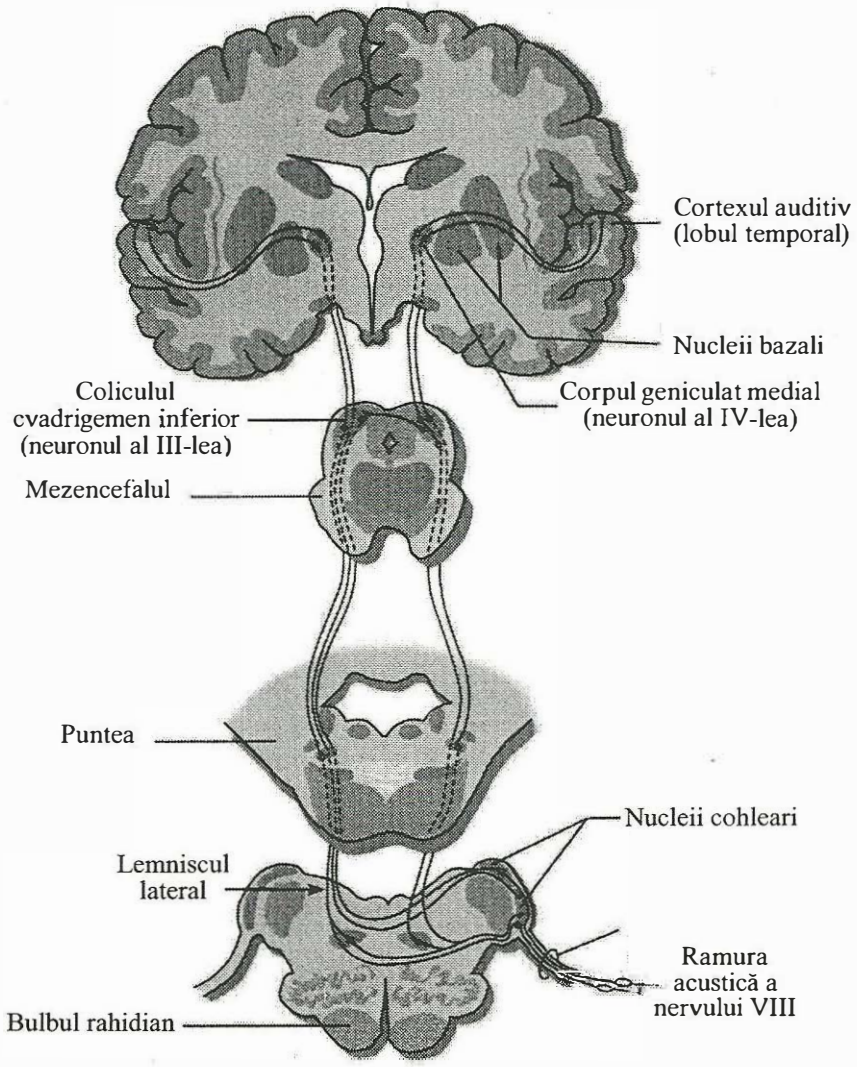


Figura 3.9. Calea acustică (după Van de Graaf, 2000).

Calea vestibulară. Neuronii bipolari din ganglionul Scarpa constituie *neuronii de ordinul I* ai căii vestibulare. Dendritele acestora ajung la baza celulelor senzoriale din maculele otolitice şi crestele ampulare. Axonii formează ramura vestibulară a nervului acusticovestibular care ajunge în bulb, la *nucleii vestibulari,* unde se află *neuronii de ordinul al II-lea.* Axonii neuronilor din

nucleii vestibulari se duc spre măduva spinării (fasciculul vestibulo-spinal), spre arhecerebel (fasciculul vestibulo-cerebelos) şi spre nucleii motori ai nervilor III, IV şi VI (fasciculul vestibulonuclear). Unii axonii au traiect ascendent şi fac sinapsă cu *neuronii de odinul al III-lea* din talamus. Axonii neuronilor talamici se proiectează la nivelul scoarței cerebrale, în girusul temporal superior şi în lobul parietal, unde se află **segmentul central**.

Calea acustică. *Protoneuronul* căii acustice este reprezentat de neuronul bipolar de la nivelul ganglionului spiral Corti. Dendritele neuronilor bipolari ajung la baza celulelor senzoriale din organul Corti, iar axonii formează ramura acustică a nervului acusticovestibular. Ei fac sinapsă cu *neuronii de ordinul al II-lea* (deutoneuronul căii acustice) din *nucleii cohleari* pontini. Axonii acestora se încrucişează şi apoi au traiect ascendent, formând *lemniscul lateral. Neuronii de ordinul al III-lea* se găsesc în coliculii cvadrigemeni inferiori din mezencefal. Calea acustică prezintă şi un *al IV-lea neuron* situat în corpii geniculați interni (mediali) din metatalamus. Axonii acestora se proiectează la nivelul girilor temporali superiori, câmpurile 41, 42 şi 22 Brodmann, unde se găsesc ariile acustice primare şi secundare **(segmentul central al analizatorului acustic)**.

ANALIZATORII GUSTATIV ŞI OLFACTIV (CHEMORECEPȚIA)

Receptorii gustativi şi receptorii olfactivi fac parte din categoria *chemoreceptorilor,* cu ajutorul cărora se analizează mediul din punct de vedere chimic. Există două tipuri de sensibilitate chimică: una pentru substanțele sapide dizolvate în salivă, numită *sensibilitate gustativă*, asigurată de analizatorul gustativ şi una pentru moleculele odorante din aer, numită *sensibilitate olfactivă*, asigurată de analizatorul olfactiv.

ANALIZATORUL GUSTATIV

Sensibilitatea gustativă asigură aprecierea calității alimentelor, evitarea celor alterate sau toxice şi declanşarea reflexelor secretorii la nivelul tubului digestiv.

Receptorii gustativi sunt dispuşi la nivelul unor organe receptoare de mici dimensiuni, numite *muguri gustativi*. Cei aproximativ zece mii de muguri gustativi sunt localizaţi în cavitatea bucală la nivelul limbii, pe vălul palatin, în mucoasa obrajilor, dar şi în faringe şi pe epiglotă. Pe limbă, mugurii gustativi sunt localizaţi la nivelul unor excrescenţe ale mucoasei linguale, numite ***papile gustative*** (Fig. 3.10). Acestea sunt de mai multe tipuri: papile *foliate*, *fungiforme* şi *circumvalate*.

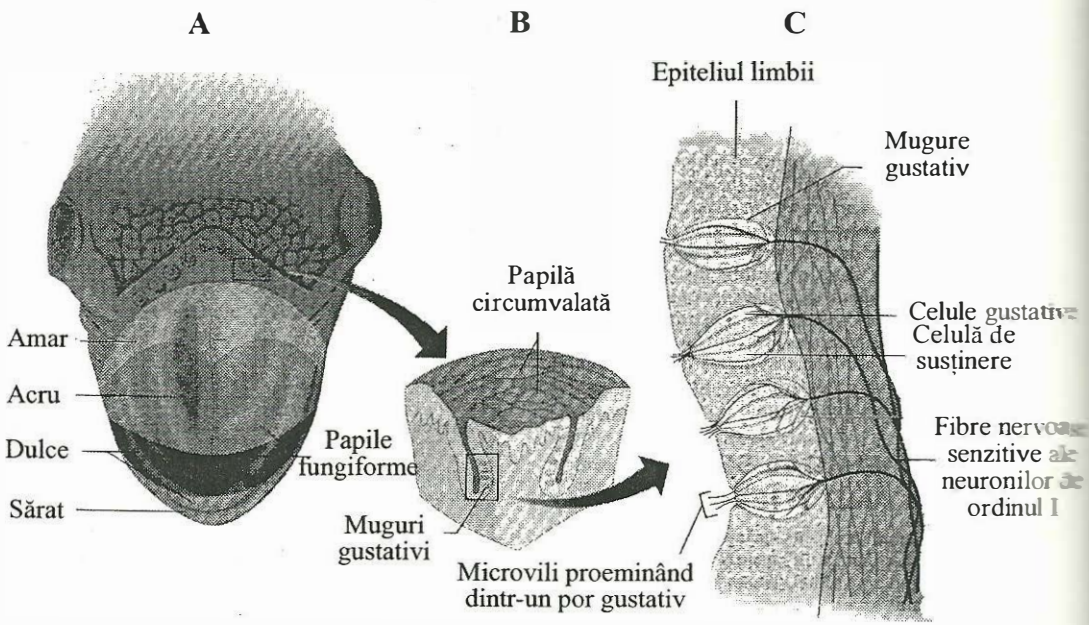


Figura 3.10. Limba cu papile gustative şi muguri gustativi. A. Mugurii gustativi de pe limbă sunt localizaţi în papilele gustative. În funcţie de sensibilitatea mugurilor gustativi pe care îi conţin, papilele gustative pot detecta patru gusturi de bază: amar, acru, dulce şi sărat. **B.** O secţiune printr-o papilă circumvalată prezintă localizarea mugurilor gustativi în pereţii lor laterali. **C**. Muguri gustativi, cu celule senzoriale şi celule de susţinere (după Marieb, 1998).

Mugurele gustativ este o structură ovoidă, formată din *celule epiteliale senzoriale* (*receptorii gustativi*) şi *celule de susţinere*. Celulele senzoriale sunt celule de formă alungită, prevăzute la polul apical cu o prelungire lungă şi subţire numită *microvil*, care proemină printr-un mic por la suprafaţa mugurelui, unde este scăldat în salivă. Se consideră că microvilii sunt zonele receptoare ale celulelor gustative. Polul bazal al celulelor senzoriale este înconjurat de fibrele senzitive ale nervilor care asigură sensibilitatea gustativă (nervii VII, IX, X). Mugurii gustativi nu sunt răspândiţi uniform pe suprafaţa

limbii. Cei mai mulți se găsesc la nivelul papilelor circumvalate de la baza limbii, iar restul, la nivelul papilelor foliate și fungiforme.

Calea gustativă (segmentul intermediar al analizatorului gustativ).

Neuronii de ordinul I (protoneuronul) se găsesc la nivelul *ganglionilor senzitivi* de pe traiectul nervilor cranieni VII, IX și X. Fibrele nervului facial preiau informații gustative din 2/3 anterioare ale limbii, iar fibrele nervilor IX și X culeg informații gustative din 1/3 posterioară a limbii, din faringe și epiglotă.

Neuronii de ordinul al II-lea (deutoneuronul) se găsesc în *nucleul tractului solitar* din bulb. Axonii deutoneuronilor se încrucișează și formează fasciculul gustativ ascendent, care ajunge la *talamus*, unde se găsesc *neuronii de ordinul al III-le*a ai căii gustative.

Din nucleul tractului solitar ajung impulsuri și la nucleii salivatori superiori pontini și nucleii salivatori inferiori din bulb, de unde se transmit comenzi secretorii la glandele salivare. Pe aceste căi reflexe se va realiza secreția salivară, necesară digestiei bucale.

Segmentul central se găsește în cortexul cerebral al lobului parietal, în partea inferioară a girusului postcentral, în aria corticală 43 (Fig. 3.11).

Substanțele chimice din alimente trebuie să se dizolve în saliva care scaldă receptorii gustativi, pentru a-i stimula. Unele substanțe au gust și se numesc *sapide*, iar altele nu au gust și se numesc *insipide*. Omul poate percepe câteva sute de gusturi, care rezultă prin combinarea a patru tipuri fundamentale sau primare: gustul dulce, sărat, acru și amar. La nivelul limbii există zone caracteristice pentru percepția unui tip primar de gust. Astfel, gustul dulce este perceput la vîrful limbii, gustul sărat mai ales pe marginile și vârful limbii, gustul acru pe marginile limbii, iar gustul amar este perceput la baza limbii.

Atunci când hrana este introdusă în gură, ***moleculele odorante*** conținute în alimente trec (prin choane) în fosele nazale, unde stimulează receptorii olfactivi. Combinația de gust și miros se numește *aromă*. Faptul că olfacția este asociată în realizarea senzațiilor gustative complexe, este dovedit de constatarea că atunci când o răceală determină creșterea secreției de mucus în căile respiratorii, și prin aceasta, diminuarea olfacției, este afectată și

sensibilitatea gustativă. Preferința pentru un anume gust este determinată de mecanisme care se desfăşoară la nivele nervoase superioare, şi nu la nivelul receptorilor gustativi periferici.

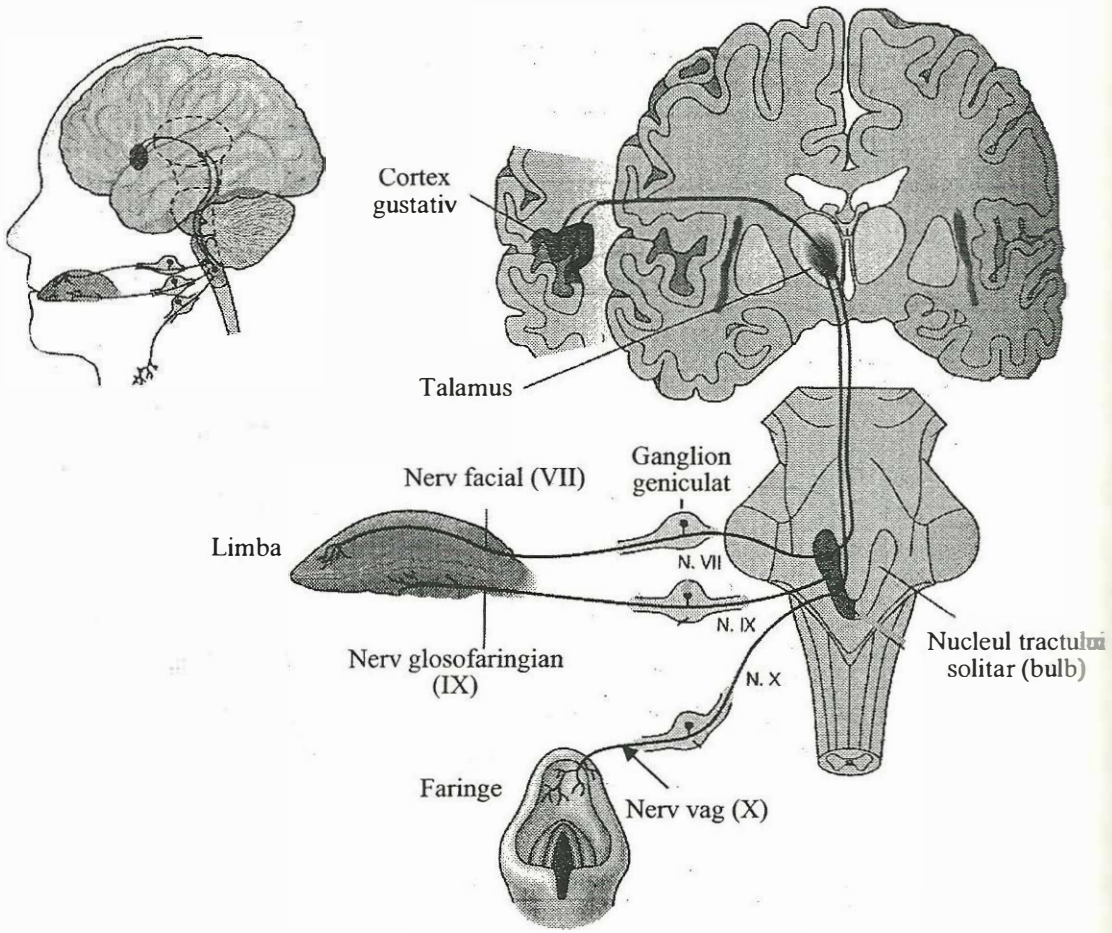


Figura 3.11. Calea gustativă şi proiecția corticală (după Kandel, Schwartz, Jessell, 1995).

ANALIZATORUL OLFACTIV

Sensibilitatea olfactivă sau olfacția este mai slab dezvoltată la om (microsmie) față de alte animale. Ea permite depistarea substanțelor odorante din aer şi stă la baza comportamentului emoțional, prin legăturile pe care analizatorul olfactiv le are cu sistemul limbic.

Receptorii olfactivi. Spre deosebire de alți receptori, receptorii olfactivi sunt *neuroni senzitivi bipolari* şi nu celule epiteliale senzoriale. Ei sunt dispuşi la nivelul *mucoasei olfactive*, localizată pe peretele superior al foselor nazale.

Mucoasa olfactivă acoperă lama ciuruită a etmoidului, cornetul nazal superior şi porţiunea superioară a septului nazal. Ea cuprinde şi celule de susţinere columnare, răspândite printre receptorii olfactivi. Neuronii bipolari de la nivelul mucoasei olfactive au unele particularităţi care îi deosebesc de alţi neuroni: (1) sunt singurii neuroni care se divid, la aproximativ 60 de zile fiind complet reînnoiţi; (2) structural, prezintă câte o dendrită scurtă, cu aspect butonat, cu numeroşi cili lungi şi imobili care măresc suprafaţa de recepţie. Cilii sunt acoperiţi de mucusul secretat de celulele de susţinere şi de glandele din mucoasa olfactivă.

Mucusul are rolul de a capta şi dizolva moleculele odorante din aer (Fig. 3.12).

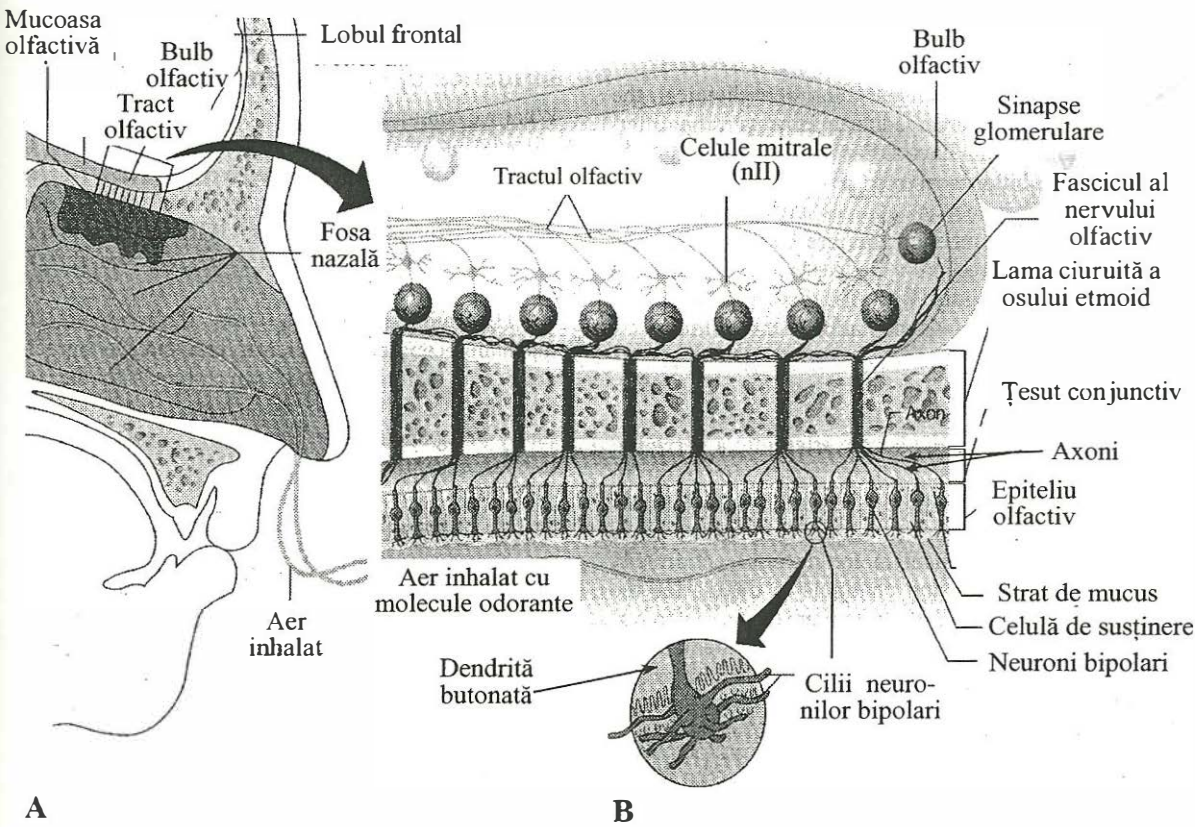


Figura 3.12. Mucoasa olfactivă. A. Mucoasa olfactivă este localizată în partea superioară a foselor nazale **B**. Structura mucoasei olfactive şi traseul urmat de fibrele nervului olfactiv prin lama ciuruită a etmoidului, spre bulbii olfactivi (după Marieb, 1998).

Calea olfactivă. Receptorii olfactivi constituie şi *protoneuronii* căii olfactive. Axonii lor subțiri, amielinici, se grupează în *fascicule* (10-20), care împreună formează *nervul olfactiv* (I). Acestea străbat lama ciuruită a etmoidului şi ajung în *bulbii olfactivi,* unde fac sinapsă cu *neuronii de ordinul al II-lea.* Deutoneuronii căii olfactive sunt neuroni multipolari – *celulele mitrale* - cu care se realizează sinapse de un tip special, numite *sinapse glomerulare.* Axonii celulelor mitrale formează *tracturile olfactive*, care se îndreaptă spre zonele de proiecție corticală. Acestea sunt: (1) nucleul olfactiv anterior, (2) tuberculul olfactiv, (3) cortexul piriform, (4) nuclei din amigdală şi (5) zone din cortexul entorhinal. Din ultimele patru arii, informațiile sunt trimise direct sau prin intermediul talamusului la cortexul frontal. Informațiile de la amigdală ajung şi la hipotalamus, iar cele de la cortexul entorhinal şi la hipocamp (lob temporal). Datorită conexiunilor cu lobii frontali, se pot produce discriminări între diferitele mirosuri, iar legăturile dintre amigdală şi hipotalamus permit declanşarea unor reacții emoționale asociate acestora (Fig. 3.13).

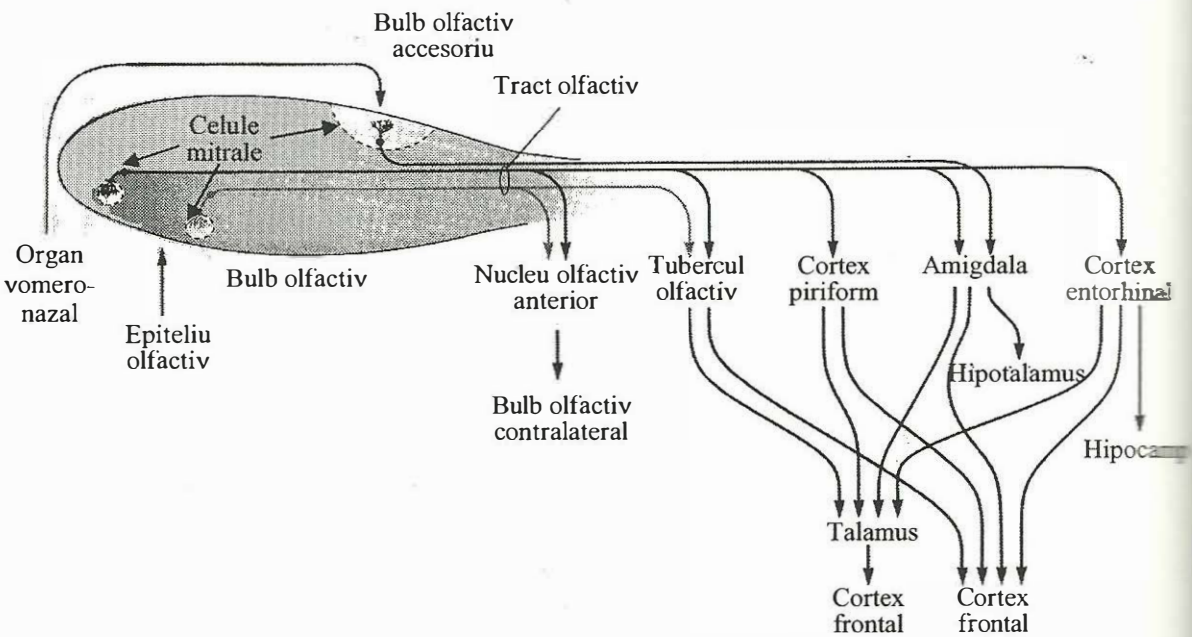


Figura 3.13. Calea olfactivă (după Kandel, Schwartz, Jessell, 1995).

Substanțele odorante se dizolvă în mucusul care acoperă epiteliul olfactiv, stimulând neuronii bipolari. În timpul respirației nazale normale, curentul de aer nu ajunge până la nivelul mucoasei olfactive, dispusă în partea superioară a

foselor nazale, iar moleculele odorante ajung la acest nivel mai lent, prin difuziune. Prin adulmecare, creşte turbulenţa aerului la nivelul foselor nazale şi acesta, încărcat cu molecule odorante, ajunge rapid la nivelul receptorilor olfactivi.

Omul este un mamifer microsmatic, având simţul olfacţiei slab dezvoltat. Cu toate acestea, este capabil sa recepţioneze mii de mirosuri, provenite prin combinarea în proporţii diferite, a 50 de mirosuri primare. Sensibilitatea olfactivă creşte progresiv de la vârsta de 5 ani până la 25 de ani, după care începe să scadă. Foamea stimulează olfacţia, iar saţietatea o diminuează.

Sensibilitatea olfactivă prezintă o mare adaptabilitate, senzaţia dispărând, chiar dacă stimulul (substanţa odorantă) persistă.

ANALIZATORUL VIZUAL

Sensibilitatea vizuală este adaptată pentru recepţia şi analiza undelor electromagnetice. Ochiul uman este sensibil la radiaţiile electromagnetice cuprinse între 380-760 nm care formează ***spectrul vizibil***. (Fig. 3.14)

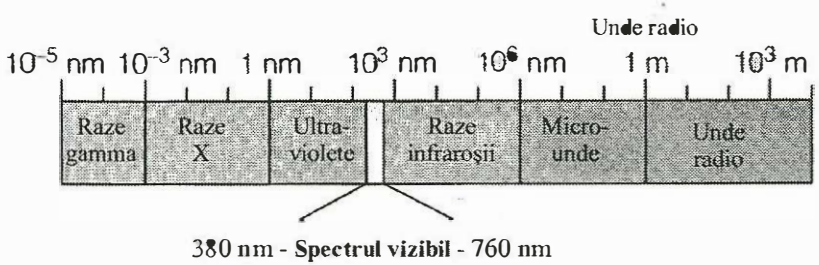


Figura 3.14. Spectrul electromagnetic se întinde între razele gamma şi undele radio (lungimile de undă sunt indicate în nanometri (nm) (1 nm = 10^{-9} m). Spectrul vizibil reprezintă numai o mică parte din acest domeniu (după Marieb, 1998).

Vederea furnizează 90% din totalul informaţiilor despre mediul înconjurător. Ea contribuie în cea mai mare măsură la adaptarea organismului la mediul de viaţă, la orientarea în spaţiu, menţinerea echilibrului şi activitatea generală a scoarţei cerebrale.

Pentru realizarea văzului, s-a dezvoltat în cursul evoluției un aparat optic apt să proiecteze imaginile asupra fotoreceptorilor. *Aparatul optic* este un sistem format din *4 medii refringente* (corneea, umoarea apoasă, cristalinul şi corpul vitros) localizate la nivelul globului ocular. Datorită corneei şi cristalinului, aparatul optic are o putere convergentă capabilă să determine formarea pe retină a unor imagini reale, răsturnate şi mai mici.

OCHIUL – MORFOLOGIE ŞI STRUCTURĂ

Analizatorul vizual este alcătuit din *segmentul periferic*, care se află la nivelul retinei vizuale, *segmentul intermediar* sau calea optică şi *segmentul central.*

Ochiul este format din globul ocular şi organele sale anexe. **Globul ocular** este adăpostit în orbită, are o formă aproape sferică şi un diametru antero-posterior de aproximativ 25 mm. Protecția globului ocular este asigurată şi de o capsulă adipoasă, cuprinsă între peretele osos al orbitei şi globul ocular, în care se găsesc *muşchii extrinseci* ai acestuia. Globul ocular prezintă un pol anterior şi unul posterior, situați la extremitățile axului optic (anatomic).

Peretele globului ocular este format din 3 tunici concentrice: tunica externă (corneea şi sclerotica), tunica medie (uveea) şi tunica internă (retina) (Fig. 3.15).

TUNICA EXTERNĂ

Tunica externă este formată din două regiuni cu structuri diferite şi inegale ca întindere: *sclerotica* situată posterior şi *corneea*, situată anterior.

Sclerotica formată din țesut conjunctiv fibros, este rezistentă, albă-sidefie, opacă şi are rol de protecție. La polul posterior prezintă *lama ciuruită a scleroticii* prin care fibrele nervului optic părăsesc globul ocular şi prin care intră vase de sânge. Pe sclerotică se inseră *muşchii extrinseci ai globului ocular* (4 muşchi drepți şi 2 oblici) care-i asigură motilitatea.

Corneea, situată anterior, este subțire, transparentă şi avasculară, permițând trecerea razelor luminoase. Este bogat inervată de terminații nervoase senzitive amielinice trigeminale, la orice atingere producându-se în mod reflex închiderea pleoapelor. Corneea face parte din mediile transparente şi refringente ale

globului ocular, cea mai importantă refracție a razelor de lumină având loc la interfața aer-cornee.

La limita dintre sclerotică şi cornee se găseşte *limbul sclero-cornean* în profunzimea căruia se află *canalul Schlemm*, prin care trece umoarea apoasă spre a fi resorbită de sistemul venos al ochiului.

TUNICA MEDIE

Tunica medie, numită **uveea**, este vascularizată şi intens pigmentată. Prezintă 3 regiuni distincte: coroida, corpul ciliar şi irisul.

Coroida reprezintă porțiunea posterioară a tunicii medii şi este puternic vascularizată, având rol nutritiv pentru celelalte tunici ale globului ocular. Celulele sale conțin *pigment melanic* care absoarbe radiațiile luminoase, formând camera obscură a globului ocular.

Corpul ciliar este situat anterior de coroidă, de care este separat printr-o zonă cu aspect dantelat, numită *ora serrata*. Corpul ciliar este format din muşchiul ciliar şi procesele ciliare. *Muşchiul ciliar* face parte din *muşchii intrinseci* ai globului ocular, fiind implicat în procesul de acomodare. Este format din fibre musculare netede circulare şi radiare, cu inervație vegetativă. Fibrele circulare sunt inervate de parasimpatic, iar fibrele radiare de simpatic. *Procesele ciliare* sunt 70-80 de ghemuri capilare care secretă *umoarea apoasă* (3 ml/zi) cu rol nutritiv pentru cristalin şi cornee. De procesele ciliare sunt ancorate fibrele *ligamentului suspensor* al cristalinului (zonula Zinn), care se inseră ca un halou în regiunea ecuatorială a acestuia.

Irisul formează partea anterioară a tunicii medii. Este situat între cornee şi cristalin şi se continuă posterior cu corpul ciliar. De o parte şi de alta a irisului sunt dispuse *camera anterioară* a globului ocular (între corneea şi iris) şi *camera posterioară* (între iris şi cristalin). Irisul are formă de disc şi prezintă central un orificiu numit *pupila*, care permite intrarea razelor luminoase. Conține celule cu pigment melanic, în funcție de cantitatea şi dispoziția căruia irisul prezintă variații de culoare individuale. La nivelul irisului se găsesc şi *fibre musculare netede*, cu dispoziție *circulară* şi *radiară* având aceeaşi inervație ca a fibrelor muşchiului ciliar şi care reglează, în mod reflex, diametrul pupilar. Astfel, la lumină puternică sau în vederea de aproape,

muşchii circulari ai irisului se contractă şi micşorează diametrul pupilar -**mioza** - reflex parasimpatic. În vederea la distanţă sau la lumină slabă, muşchii radiari ai irisului se contractă şi măresc diametrul pupilar - **midriaza** - reflex simpatic. Mioza este determinată de contracţia fibrelor circulare ale irisului, inervate de fibre parasimpatice ce aparţin nervului oculomotor comun (III), iar midriaza, de contracţia fibrelor radiare, inervate de fibre simpatice, cu origine în măduva cervicotoracală.

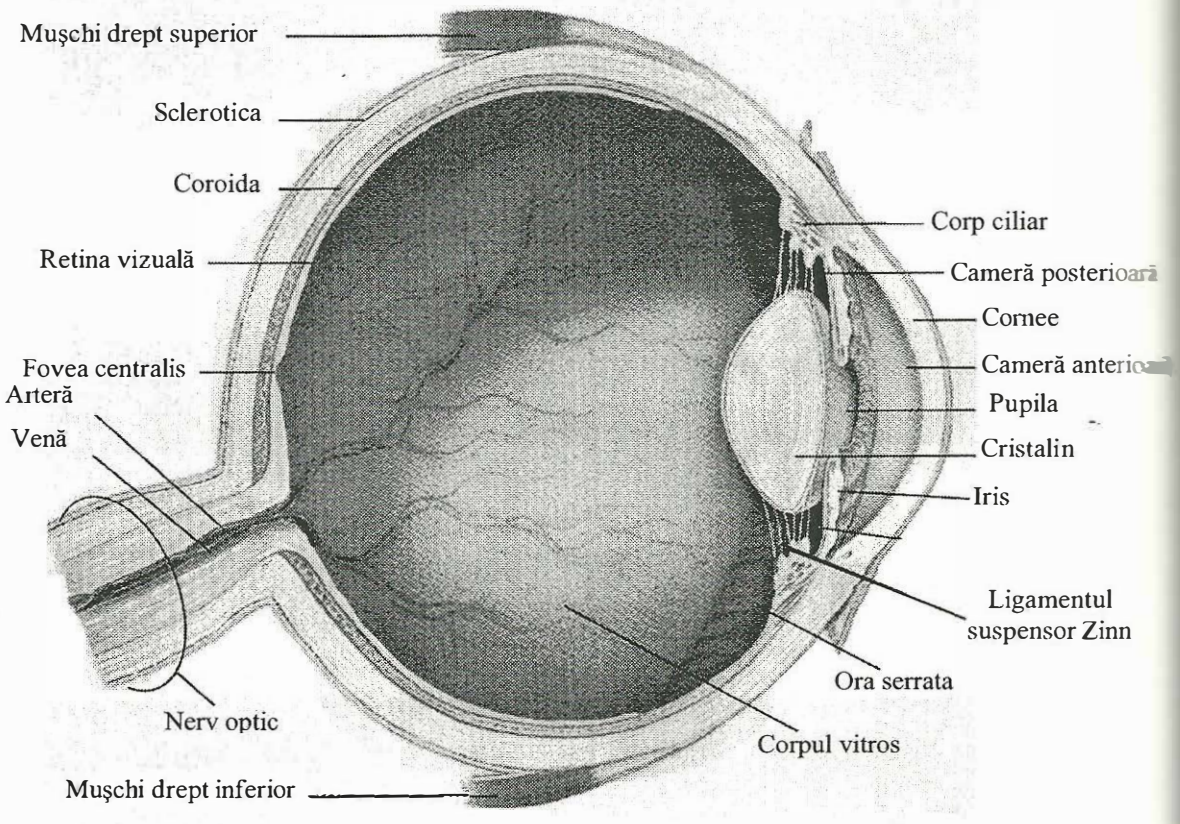


Figura 3.15. Secţiune sagitală prin globul ocular
(după Van De Graaff, 2000).

TUNICA INTERNĂ

Tunica internă se numeşte **retina**. Ea prezintă două regiuni distincte ca întindere şi structură: *retina vizuală* şi *retina oarbă*.

RETINA VIZUALĂ

Retina vizuală căptuşeşte coroida şi se întinde până la ora serrata, venind în raport cu corpul vitros. Este sediul *receptorilor vizuali - fotoreceptorilor* - şi constituie segmentul periferic al analizatorului vizual.

Retina vizuală prezintă, la nivelul părții sale posterioare, două zone vizibile în cadrul examenului "fund de ochi": pata galbenă şi pata oarbă. *Pata galbenă* sau *macula lutea*, de formă ovală, prezintă în centru o mică depresiune de numai 0,5 mm numită *foveea centralis*. Aceasta este sediul acuității vizuale maxime. *Pata oarbă* este situată medial şi inferior de pata galbenă şi este locul prin care fibrele nervului optic părăsesc retina. Tot la nivelul petei oarbe trec vasele de sânge ale retinei. Nu conține elemente fotoreceptoare.

În structura retinei vizuale se disting două straturi principale:

- **stratul pigmentar**, extern, dispus spre coroidă, este format dintr-un singur rând de celule epiteliale care conțin *melanină*. Acestea absorb lumina ca şi celulele coroidiene şi au rol fagocitar şi de depozit al vitaminei A. Ele trimit prelungiri citoplasmatice în jurul celulelor fotoreceptoare cu con şi bastonaş din stratul subiacent.

- **stratul nervos**, intern, este transparent şi format din 3 tipuri principale de neuroni, aflați în relații sinaptice: *fotoreceptorii* (celulele cu con şi celulele cu bastonaş), *celulele bipolare* şi *celulele ganglionare* (multipolare). Printre acestea se găsesc şi alte tipuri de neuroni cu rol de asociație: *celulele orizontale* şi *celulele amacrine*.

Celulele fotoreceptoare sunt neuroni modificați, de formă alungită, care prezintă câte o prelungire în formă de con sau de bastonaş (Fig. 3.16).

Celulele cu bastonaş sunt în număr de aproximativ 125 milioane, mai numeroase spre periferia retinei vizuale. Numărul lor scade spre centru, iar în foveea centralis lipsesc. Ele sunt mai sensibile la lumină decât celulele cu con, fiind adaptate pentru vederea la lumină slabă (*vederea nocturnă*) şi pentru vederea periferică, fără contururi precise.

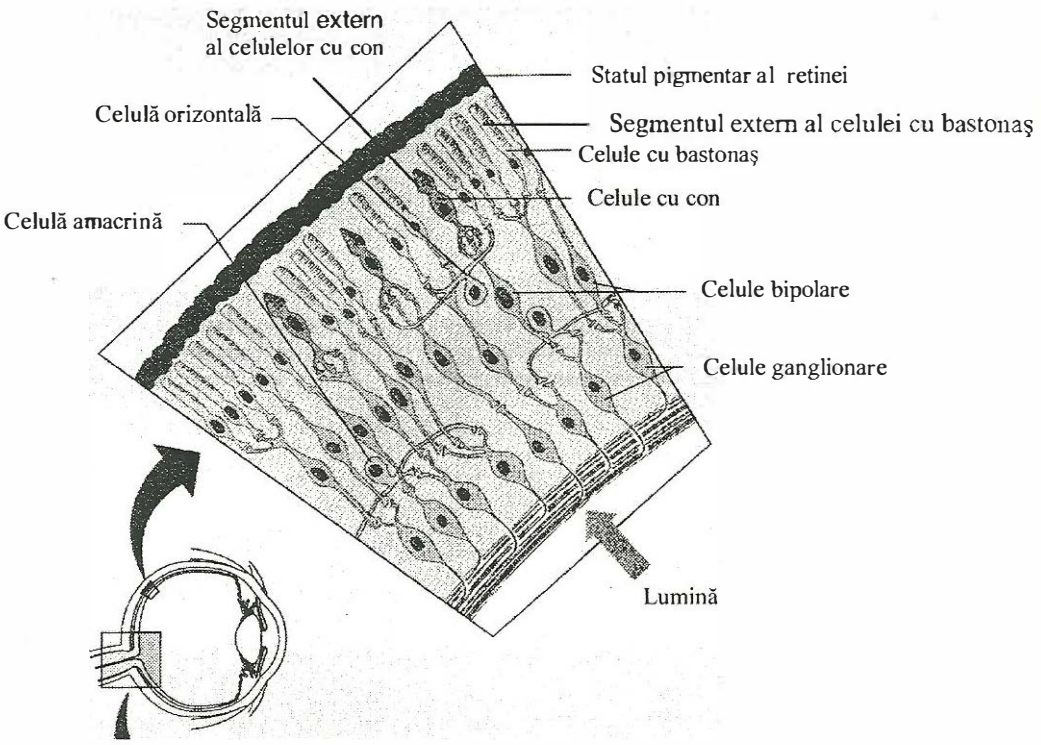


Figura 3.16. Structura retinei vizuale. Reprezentare schematică a celor trei populaţii de neuroni (fotoreceptori, celule bipolare şi celule multipolare) care formează retina vizuală. Pentru a stimula celulelefotoreceptoare, lumina trebuie să străbată toate straturile retinei (după Marieb, 1998).

Celulele cu con, în număr de 5-7 milioane, au o distribuţie inversă la nivelul retinei decât celulele cu bastonaş. Astfel, ele sunt mai numeroase în zona centrală a retinei, predomină în macula lutea, iar la nivelul foveei centrale se găsesc numai celule cu con. Sunt adaptate pentru vederea la lumină puternică (*vederea diurnă*) şi pentru perceperea culorilor (*vederea cromatică*) şi a formelor. Celulele cu con sunt de trei tipuri, în funcţie de lungimea de undă la care sunt sensibile: celule cu con sensibile la lumina *albastră* (420 nm), la lumina *verde* (530 nm) şi celule cu con sensibile la lumina *roşie* (560 nm). Obiectele absorb o parte din radiaţiile luminoase şi reflectă o altă parte, care determină *culoarea* obiectului respectiv. Un măr roşu reflectă culoarea roşie, iar iarba, culoarea verde. Celelalte culori, în afară de albastru, verde şi roşu, sunt date de stimularea combinată, în *proporţii diferite*, a celor trei tipuri de celule cu con. Când sunt stimulate în egală măsură toate cele trei tipuri de celule, percepem culoarea albă.

!! Lipsa unui tip de celule cu con sau prezența unui număr redus de celule de un anumit tip, determină incapacitatea de a percepe culoarea respectivă. Boala, numită *daltonism*, este mai frecventă la bărbați și se manifestă cel mai adesea prin dificultăți în perceperea culorilor roșu și verde.

Celulele bipolare ale retinei vizuale constituie *neuronii de ordinul I* ai căii optice. Dendritele acestora fac sinapsă cu segmentele interne ale celulelor cu con și bastonaș. Fiecare celulă cu con din foveea centralis face sinapsă cu un singur neuron bipolar, iar acesta cu o singură celulă ganglionară. Astfel, fiecare celulă cu con are "linie directă" cu centrii superiori de integrare vizuală și acest fapt explică de ce foveea centralis este zona de acuitate vizuală maximă.

În cazul celulelor cu bastonaș, se produce o mare convergență la nivelul sinapselor, astfel, mai multe celule cu bastonaș fac sinapsă cu un singur neuron bipolar, iar mai multe celule bipolare fac sinapsă cu un singur neuron ganglionar.

Celulele multipolare (ganglionare) ale retinei vizuale constituie *neuronii de ordinul al II-lea* ai căii optice. La nivelul lor sunt generate potențialele de acțiune. Axonii neuronilor ganglionari părăsesc retina la nivelul petei oarbe și formează *nervii optici* (perechea a II-a de nervi cranieni).

RETINA OARBĂ

Retina oarbă, de mai mică întindere, tapetează corpul ciliar (*retina ciliară*) și irisul pe fața posterioară (*retina iridiană*) și nu conține receptori vizuali. Retina oarbă irido-ciliară este formată numai din stratul pigmentar.

Mediile transparente și refringente ale globului ocular sunt: corneea, umoarea apoasă, cristalinul și corpul vitros. Ele au rolul de a refracta razele de lumină care intră în ochi. Refracția luminii are loc la interfața dintre două medii care au densități diferite. Astfel, prima și cea mai importantă refracție are loc la nivelul feței anterioare a corneei și următoarele două, pe fața anterioară a cristalinului și în mai mică măsură pe fața sa posterioară.

- ***Cristalinul*** are forma unei lentile biconvexe, situat în spatele irisului, anterior de corpul vitros. Este incolor și transparent, învelit la exterior de o capsulă subțire și rezistentă, numită *cristaloida.* Un cristalin scos din globul ocular, când asupra sa nu se exercită nici un fel de tensiune, ia o

formă sferică, datorită elasticității capsulei. La nivelul ecuatorului său se inseră *ligamentul suspensor* care este ancorat de corpul ciliar. Sub acțiunea mușchiului ciliar, cristalinul își modifică curbura și intervine activ în procesul de acomodare. Când se contractă fibrele circulare ale mușchiului ciliar, se produce relaxarea ligamentului suspensor al cristalinului și acesta își mărește curbura. Contracția mușchilor ciliari este controlată de fibre parasimpatice ce aparțin nervului oculomotor comun (III) și de fibre simpatice, cu origine în măduva cervico-toracală.

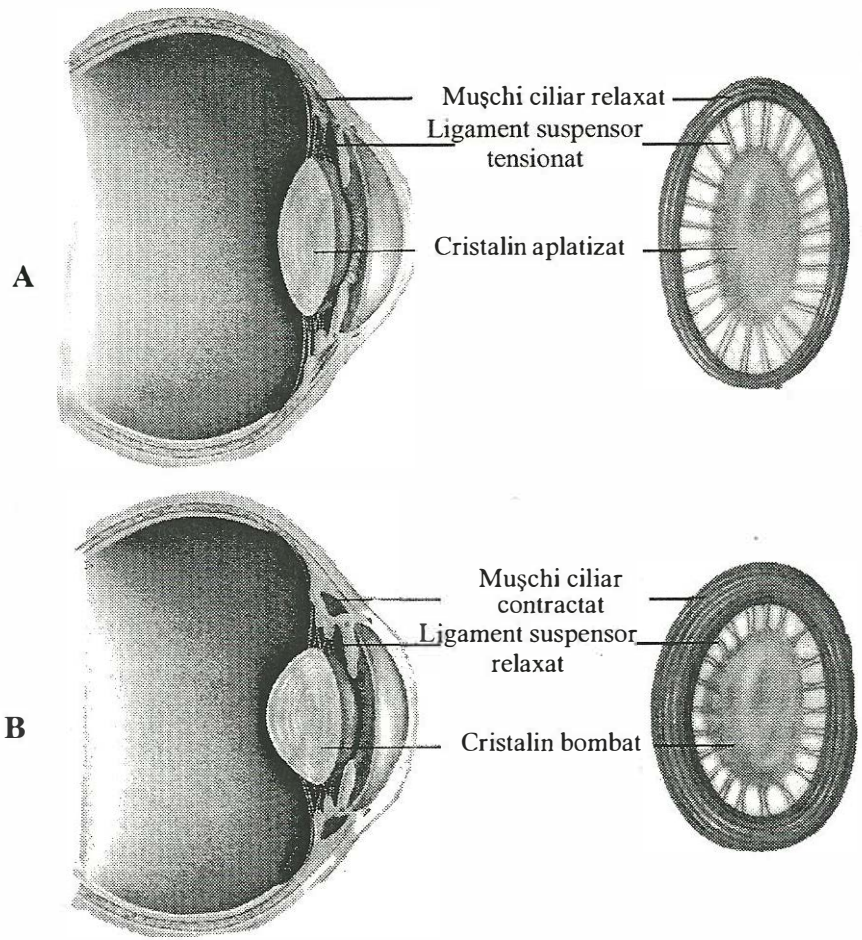


Figura 3.17. Mecanismul de acomodare al cristalinului. **A**. Când se privește un obiect aflat la o distanță mai mare de 6 m, cristalinul este aplatizat și focalizează fără efort razele de lumină paralele care intră în ochi. **B**. În timpul procesului de acomodare, cristalinul se bombează și poate focaliza astfel pe retină razele luminoase divergente care intră în ochi (după Van De Graaff, 2000).

- ***Umoarea apoasă*** este secretată de procesele ciliare în camera posterioară a globului ocular. Aceasta trece prin pupilă în camera anterioară şi de aici în canalul Schlemm, de unde va fi resorbit în sistemul venos al globului ocular. Umoarea apoasă are o compoziţie asemănătoare cu a lichidului cerebro-spinal.

- ***Corpul vitros*** este o substanţă gelatinoasă care se găseşte în spaţiul cuprins între cristalin şi retină.

Segmentul intermediar al analizatorului vizual sau **calea optică**, începe cu nervii optici, formaţi din axonii neuronilor multipolari din retina vizuală. Cei doi nervi optici pătrund în craniu şi îşi încrucişează parţial fibrele la nivelul *chiasmei optice*. Astfel, numai fibrele care vin din jumătatea nazală a retinei se încrucişează, intrând în constituţia *tractului optic* de partea opusă. Fibrele care provin din jumătatea temporală a retinei nu se încrucişează şi rămân în tractul optic de aceiaşi parte. *Fiecare tract optic cuprinde fibre provenite de la ambii ochi*. Majoritatea fibrelor constitutive ale tracturilor optice ajung la *corpii geniculaţi laterali* din metatalamus, unde fac sinapsă cu *neuronii de ordinul al III-lea* ai căii optice. Din tracturile optice se desprind şi fibre colaterale care ajung la *nucleii pretectali* şi *colicului cvadrigemeni superiori* din mezencefal, pentru reflexul fotomotor şi reflexele oculocefalogire. Axonii neuronilor de ordinul III metatalamici formează *radiaţiile optice*, care se proiectează pe scoarţa cerebrală a lobilor occipitali, câmpurile 17, 18 şi 19, unde se găsesc *ariile vizuale* **(segmentul central al analizatorului vizual)** (Fig. 3.18).

Organele anexe ale globului ocular au rolul de a asigura protecţia şi mobilitatea sa. *Organele de protecţie* sunt: sprâncenele, pleoapele, conjunctiva şi aparatul lacrimal.

Organele care asigură mobilitatea sunt *muşchii extrinseci ai globului ocular*. Aceştia sunt muşchi striaţi, voluntari, care permit mişcarea globului ocular în toate direcţiile. Musculatura extrinsecă a globului ocular este formată din 6 muşchi, dintre care patru sunt muşchii drepţi şi doi sunt muşchii oblici.

Muşchii drepţi sunt: drept superior, drept inferior, drept intern (medial) şi drept extern (lateral). *Muşchii oblici* sunt: muşchiul oblic mare (superior) şi muşchiul oblic mic (inferior). Au origine comună pe un tendon fibros, situat în fundul

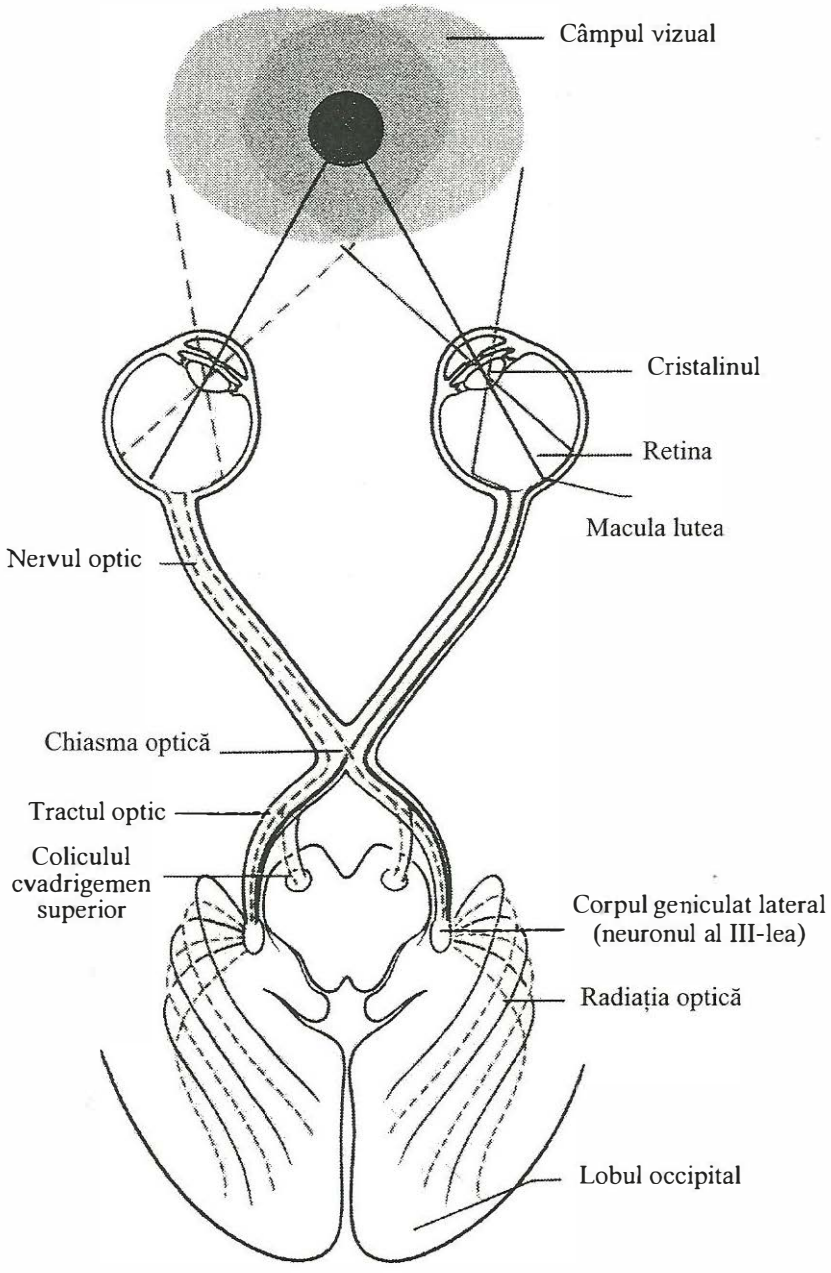


Figura 3.18. Segmentul intermediar şi central al analizatorului vizual (după Kandel, Schwartz, Jessell, 2000).

orbitei (tendonul Zinn), iar inserția pe sclerotică. Excepție face mușchiul oblic inferior care își are originea pe planșeul orbitei. Mușchii extrinseci ai globului

ocular sunt inervați de nervii cranieni III, IV şi VI. Nervul oculomotor (III) asigură inervația următorilor mușchi: drept superior, drept *i*nferior, drept *i*ntern şi oblic *i*nferior. Mușchiul oblic superior este inervat de nervul trohlear (IV), iar mușchiul drept extern, de către nervul abducens (VI). Aceşti nervi asigură mişcările foarte rapide şi precise ale globilor oculari, absolut necesare pentru focalizarea razelor luminoase pe retină, la nivelul foveilor centrale.

!! ***Strabismul*** este determinat de deficiențe structurale sau funcționale ale mușchilor extrinseci, situație în care ochiul afectat este rotit lateral sau medial. Din această cauză, axele vizuale nu sunt paralele, iar imaginile nu se proiectează în puncte corespondente ale retinei din cei doi ochi, ceea ce determină formarea pe scoarță a unei imagini duble (diplopie). În compensație, individul se obişnuieşte să facă abstracție de una din imagini. Strabismul netratat poate conduce la pierderea vederii ochiului afectat.

CAPITOLUL IV. **SISTEME LOCOMOTORII**

Mişcarea este una din proprietăţile fundamentale ale organismelor vii. Pe parcursul evoluţiei, au apărut structuri locomotorii noi, capabile să asigure organismelor capacităţi sporite de mişcare. Perfecţionarea continuă a activităţii motorii s-a desfăşurat în strânsă legătură cu dezvoltarea sistemului nervos. Perfecţionarea funcţiilor motorii ale sistemului nervos central constituie o formă superioară a adaptabilităţii organismului la mediul său de viaţă. Astfel, centrii motori medulari şi ai trunchiului cerebral sunt implicaţi în activităţi reflexe stereotipe, necesare anumitor mişcări, iar scoarţa cerebrală, nucleii bazali şi cerebelul coordonează motilitatea organismului în ansamblu. In paralel cu evoluţia organelor de mişcare, au apărut şi s-au dezvoltat *noi căi metabolice*, capabile să asigure necesarul sporit de energie.

Activitatea motorie a organismului uman este asigurată de *sistemul osos* şi *sistemul muscular*. Cele două sisteme sunt strâns corelate funcţional, oasele fiind *organele pasive*, iar muşchii *organele active* ale mişcării. Sistemul osos are rol de susţinere şi de mobilizare pasivă, iar sistemul muscular acţionează activ asupra celui osos.

SISTEMUL OSOS

Oasele sunt organe dure şi rezistente, cu *rol de protecţie* a unor organe vitale, cum ar fi encefalul, adăpostit în cutia craniană, măduva spinării protejată de canalul vertebral, inima şi plămânii în cutia toracică. Ele au, de asemenea, *rol de susţinere* a părţilor moi ale organismului şi *rol metabolic*. Astfel, oasele sunt organe plastice, care suferă pe parcursul vieţii permanente modificări ale structurii şi compoziţiei chimice. Ele participă activ la metabolismul mineral, fiind rezervoare de minerale esenţiale (calciu, fosfor, magneziu, sodiu), necesare pentru desfăşurarea activităţii celorlalte organe. Oasele sunt *rezervoare dinamice*, capabile atât de depozitarea, cât şi de eliberarea rapidă în sânge a ionilor în anumite perioade fiziologice (creştere, sarcină, alăptare,

fracturi). Oasele au rol activ şi în *hematopoieză*, respectiv în formarea, la nivelul măduvei roşii osoase, a elementelor figurate ale sângelui.

Sistemul osos este format din circa ***200 oase*** unite la nivelul *articulațiilor*, care formează ***scheletul uman***.

După forma lor, oasele se clasifică în: *oase lungi* (predomină lungimea), *oase late* (predomină lățimea), *oase scurte* şi *oase de formă neregulată*. *Oasele sesamoide*, care se dezvoltă în tendoane (rotula), sunt un tip special de oase scurte (Fig. 4.1).

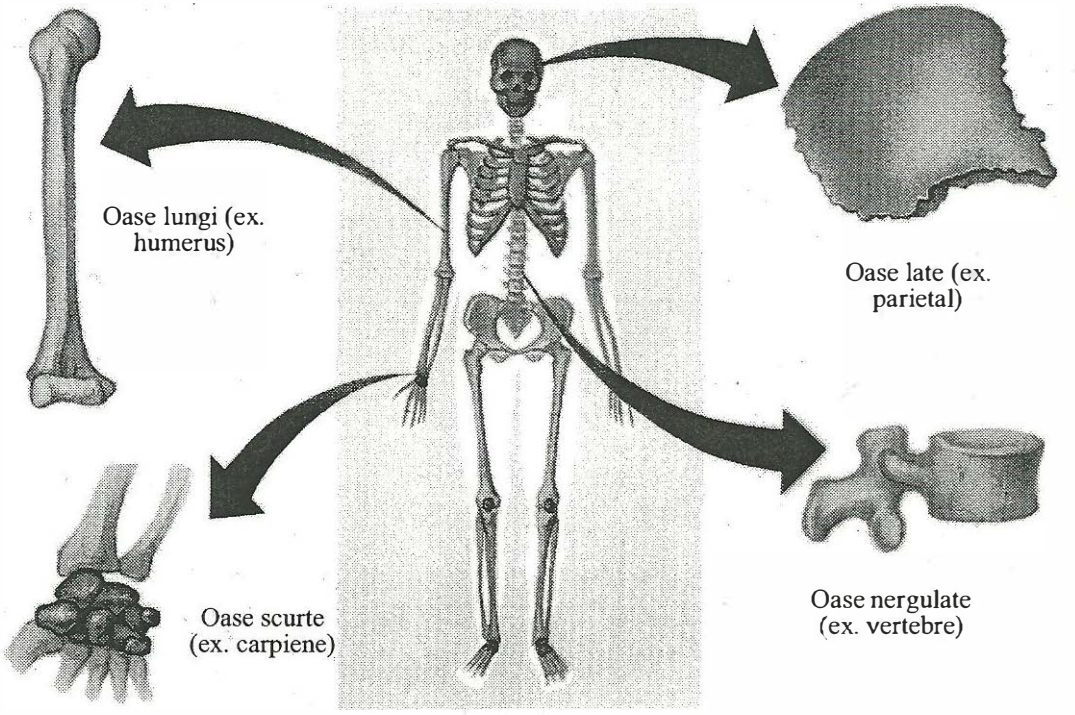


Figura 4.1. Clasificarea oaselor după forma lor (după Marieb, 1998).

Un os lung este format din mai multe părți: un corp sau *diafiza* şi două capete, numite *epifize*. Între diafiză şi epifiză se interpune *metafiza,* care reprezintă cartilajul de creştere în lungime al osului. În interiorul diafizei se găseşte *canalul medular,* care conține la adult *măduva osoasă galbenă*. La nivelul epifizelor se găseşte *măduva roşie* (hematogenă).

STRUCTURA OASELOR

La suprafața oaselor se găseşte o membrană vasculo-conjunctivă numită ***periost***. Acesta nu înveleşte şi capetele articulare ale oaselor lungi, care sunt acoperite de cartilaj hialin, numit *cartilaj articular*. Periostul este constituit din două straturi:

- *periostul fibros* (extern) este format din țesut conjunctiv dens. La nivelul său se inseră muşchii, prin tendoane sau aponevroze.
- *periostul osteogen* (intern) este format din celule osoase tinere (osteoblaste) şi din osteoclaste, pe seama lui având loc creşterea în grosime a oaselor în perioada de creştere, precum şi vindecarea fracturilor. La adult, acest strat periostal este în repaus.

La nivelul periostului se găsesc vase de sânge periostale, vase limfatice şi plexuri nervoase care pătrund prin *găurile nutritive* în masa osoasă. Periostul este ancorat de țesutul osos subiacent prin numeroase fibre de colagen, numite *fibrele Sharpey*. Cavitățile din interiorul oaselor sunt căpuşite cu o membrană conjunctivă, numită *endost (endosteum),* la nivelul căruia se găsesc osteoblaste şi osteoclaste.

Țesutul osos este o varietate de țesut conjunctiv, format din două componente principale: *celulele osoase* şi *matricea extracelulară*, în care componenta organică osteoidă este impregnată cu săruri minerale, care îi conferă duritate şi rezistență. ***Celulele osoase*** sunt de trei tipuri: osteoblaste (celule osoase tinere), osteocite (celule osoase adulte) şi osteoclaste. *Osteoblastele* sunt celule tinere şi foarte active în perioadele de creştere şi procesele de reparare şi regenerare osoasă. Au rolul de a sintetiza *osteoidul*, componenta organică a matricei osoase, la nivelul căruia au loc procese de mineralizare şi remodelare osoasă. Sunt celule de mari dimensiuni, cu numeroase prelungiri, care se anastomozează cu cele ale celulelor vecine. Ele sintetizează şi depun oseina în straturi succesive, cu diverse orientări, care conferă osului o mare rezistență mecanică. Pe măsura mineralizării treptate a osteoidului, osteoblastele îşi retrag prelungirile, devenind *osteocite*. Acestea sunt înconjurate în totalitate de osteoidul mineralizat, fiind dispuse la nivelul unor cavități ale acestuia numite

osteoplaste sau *lacune*. Osteoplastele comunică între ele prin canalicule fine, prin care osteocitele primesc nutrimente, oxigen şi hormoni din sânge. *Osteoclastele* sunt celule de mari dimensiuni, multinucleate şi cu o bogată activitate enzimatică. Provin din linia celulară limfoidă şi migrează la nivelul osului, unde sunt implicate în procese de resorbţie osoasă. Activarea lor este iniţiată de către *parathormon (PTH)*, sintetizat de glandele paratiroide, atunci când calcemia este scăzută. Prin activitatea lor, osteoclastele degradează materialul osos şi prin aceasta eliberează sărurile de calcium de la nivelul matricei, care trec în sânge.

Matricea extracelulară este formată din componenta organică – osteoidul, secretat de osteoblaste, care constiuie suportul componentei anorganice, minerale a osului. *Osteoidul* este format din proteoglicani, glicoproteine şi fibre de colagen. Acestea din urmă, asigură osului flexibilitate şi rezistenţă mecanică la întindere, compresiune şi torsiune. *Componenta anorganică* a matricei, are numeroase asemănări chimice cu mineralul *hidroxiapatita*, fiind formată predominant din săruri de calciu, în special sub formă de *fosfat de calciu*.

Toate tipurile de oase sunt formate din două varietăţi de ţesut osos: *ţesut osos compact* şi *ţesut osos spongios*.

Ţesutul osos compact se găseşte în diafiza oaselor lungi, la nivelul stratul extern al epifizelor şi la suprafaţa oaselor late şi scurte. Ţesutul osos compact (Fig. 4.2) este dens, format din structuri cilindrice microscopice, numite *osteoane* sau *sisteme Havers*. Acestea sunt dispuse paralel cu axul lung al osului. Fiecare osteon prezintă un *canal central* în care se găsesc vase de sânge, terminaţii nervoase libere şi ţesut conjunctiv lax. În jurul canalului central al osteonului sunt dispuse *lamele osoase* concentrice. Fibrele de colagen din interiorul unei lamele sunt paralele între ele şi au direcţie spiralată. Direcţia fibrelor dintr-o lamelă se încrucişează cu direcţia fibrelor din lamelele vecine, crescând rezistenţa osului. La joncţiunea dintre lamelele osoase sau în grosimea lor, se găsesc mici cavităţi numite *lacune* sau *osteoplaste*. Ele adăpostesc celule osoase adulte, ostecitele, care prezintă numeroase prelungiri citoplasmatice. Osteoplastele sunt conectate atât între ele, cât şi cu canalul central al osteonului, prin canalicule fine în care pătrund prelungirile osteocitelor. Aceste canalicule permit libera circulaţia a substanţelor nutritive între osteocitele unui osteon.

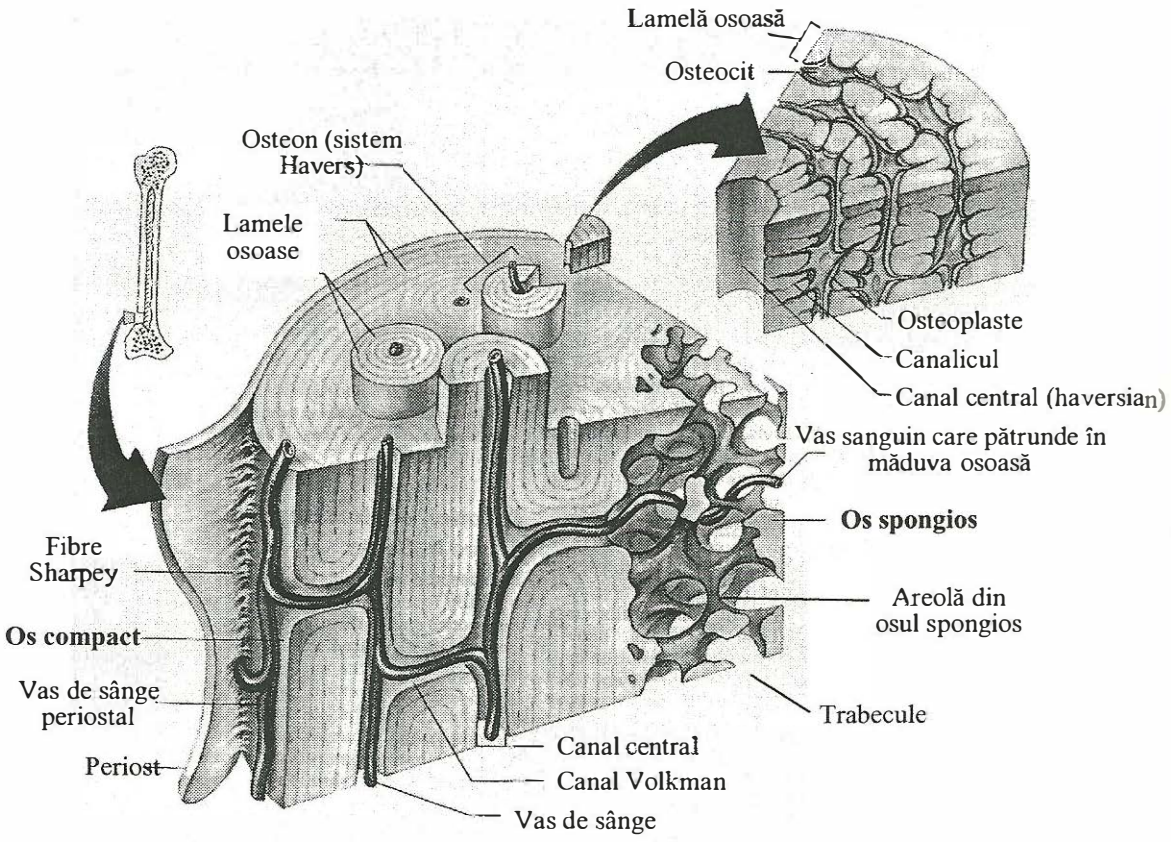


Figura 4.2. Structura osului. Diafiza osului lung este formată din țesut osos compact (de tip haversian). Epifizele osului lung sunt formate din țesut osos spongios (după Marieb, 1998).

Osteoanele sunt şi ele interconectate prin canale orizontale, numite *canalele Volkmann,* dispuse în unghi drept, care fac legătura între periost şi canalele centrale ale osteoanelor. Prin canalele Volkmann pătrund în masa osoasă vasele de sânge şi terminațiile nervoase de la nivelul periostului.

Țesutul osos spongios se găseşte în epifizele oaselor lungi şi în interiorul oaselor late şi scurte. Țesutul osos spongios este format din lamele osoase de dimensiuni diferite, numite *trabecule*, care delimitează mici cavități osoase numite *areole* (Fig. 4.2). În areole se găseşte măduva roşie hematogenă. În grosimea trabeculelor sunt adăpostite osteocitele, conectate între ele prin canalicule fine.

ALCĂTUIREA SCHELETULUI

Scheletul uman este alcătuit din apoximativ 200 oase, legate între ele la nivelul *articulațiilor*. Scheletul uman este constituit din: scheletul axial şi scheletul apendicular.

- *Scheletul axial* însumează 80 de oase şi este format din: craniu, coloana vertebrală, coaste şi stern.
- *Scheletul apendicular* reuneşte *centurile* (scapulară şi pelviană) şi *membrele propriu-zise*, superioare şi inferioare.

ARTICULAȚIILE

Oasele sunt unite între ele prin *articulații*. O articulație este formată din totalitatea părților moi şi dure prin care se unesc două (sau mai multe) oase alăturate. Articulațiile au două funcții importante: leagă oasele între ele pentru formarea scheletului şi asigură mobilitatea acestuia. Cu toate că au o mare rezistență la tracțiune, articulațiile reprezintă cele mai vulnerabile părți ale scheletului.

Clasificarea articulațiilor se face după două criterii: criteriul structural şi criteriul funcțional.

a. ***Clasificarea structurală*** se face în funcție de *tipul de țesut* care leagă oasele din articulație. Astfel, există 3 tipuri de articulații:

- articulații fibroase
- articulațiile cartilaginoase
- articulațiile sinoviale

b. ***Clasificarea funcțională*** se face în funcție de *gradul de mobilitate* al articulației respective:

- sinartroze (articulații imobile)
- amfiartroze (articulații semimobile)
- diartroze (articulații mobile)

Articulațiile fibroase. Materialul de legătură dintre oase este format din țesut conjunctiv fibros. În cazul acestor articulații nu se formează o cavitate articulară. Din punct de vedere funcțional, majoritatea articulațiilor fibroase

sunt imobile - *sinartroze*. Articulațiile fibroase sunt de 3 feluri: suturile, sindesmozele şi gonfozele.

Suturile se găsesc la nivelul craniului. Legătura dintre oase este asigurată de membrane puternice, alcătuite din fibre dese şi scurte. Periostul trece de pe un os pe altul întărind sutura.

Suturile se clasifică în:

- *suturi plane, netede* (ex. sutura internazală);
- *suturi dințate* - marginile dințate ale oaselor din articulație se întrepătrund (ex. sutura sagitală – interparietală, sutura – fronto-parietală şi sutura lambdoidă – parieto-occipitală)
- *suturi scvamoase* (ex. sutura temporo-parietală).

Traumatismele craniene nu produc desfacerea suturilor ci fracturarea oaselor. Cu vârsta, articulațiile fibroase se osifică, devenind *sinostoze*.

Sindesmozele sunt articulații fibroase în care oasele sunt solidarizate prin ligamente sau membrane interosoase (ex. legătura dintre epifizele distale ale tibiei şi fibulei sau membranele interosoase dintre oasele antebrațului şi oasele gambei).

Gonfozele sunt articulațiile dento-alveolare. Dinții sunt înfipți în alveolele dentare ale maxilelor şi mandibulei. Sunt solidarizați de pereții osoşi ai alveolelor prin ligamente scurte, *ligamentele periodontale*.

Articulațiile cartilaginoase. Țesutul de legătură dintre oase este constituit din *țesut cartilaginos hialin*. Nici la nivelul acestor articulații nu se formează cavitatea articulară (Fig. 4.3).

Articulațiile cartilaginoase sunt de două feluri: sincondrozele şi simfizele.

Sincondrozele pot fi temporare sau permanente. Sincondrozele temporare sunt *cartilajele de creştere* sau *diafizo-epifizare*, prin care are loc creşterea în lungime a oaselor lungi. În jurul vârstei de 25 de ani acestea se osifică, transformându-se în sinostoze şi creşterea încetează. Sincondroze permanente sunt *articulațiile sternocostale*.

Simfizele sunt articulații cartilaginoase, care din punct de vedere funcțional sunt amfiartroze (articulații semimobile). Exemple de simfize: articulațiile

dintre corpurile vertebrale, prin intermediul discurilor intervertebrale şi simfiza pubiană.

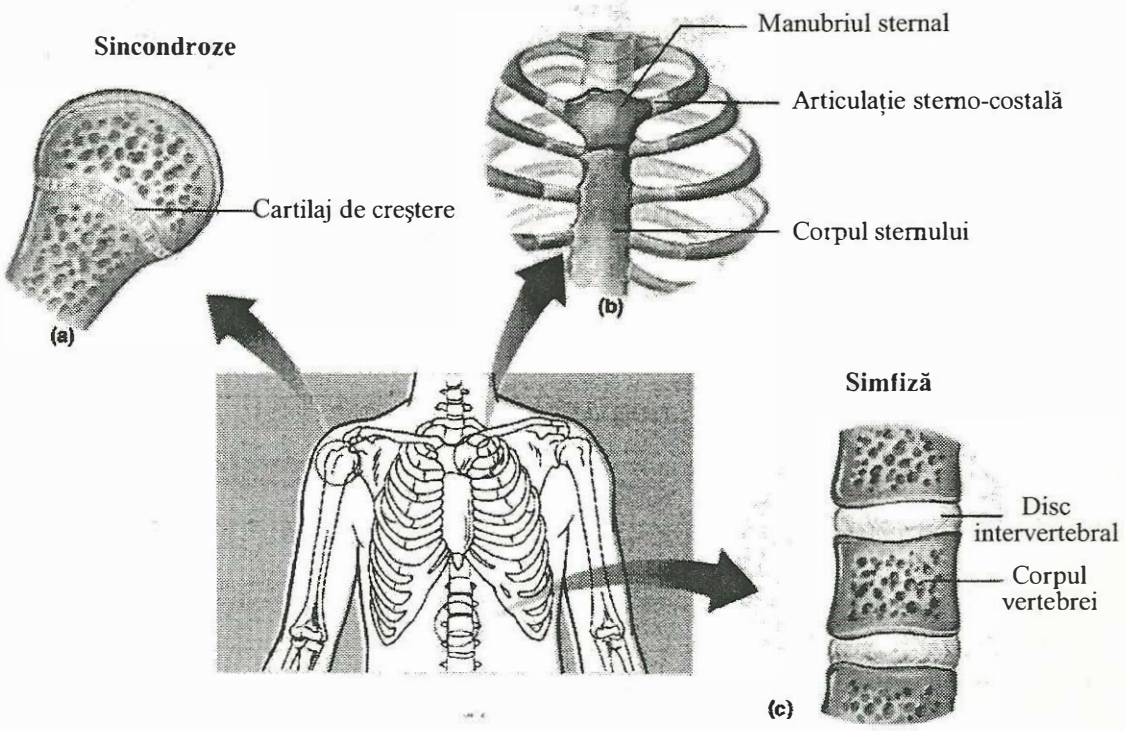


Figura 4.3. Articulaţiile cartilaginoase (după Marieb, 1998).

Articulaţiile sinoviale (diartrozele) sunt articulaţiile cele mai mobile şi complexe ale scheletului. La nivelul lor se formează cavitatea articulară. Articulaţiile de acest tip se găsesc la nivelul scheletului membrelor.

Elementele unei diartroze sunt: cartilajele articulare de la nivelul capetelor oaselor implicate în articulaţie, capsula articulară, ligamentele articulare, membrana sinovială şi lichidul sinovial (Fig. 4.4).

a. ***Cartilajele articulare.*** Suprafeţele articulare ale oaselor implicate în articulaţie sunt suprafeţe netede, acoperite de *cartilaj hialin*. De forma feţelor articulare depinde gradul de mobilitate al articulaţiei respective. Suprafeţele de articulaţie pot fi: plane, sferoidale, în formă de scripete sau în formă de şa.

Circumferinţa suprafeţei de articulaţie se continuă cu periostul osului şi corespunde locului unde se inseră membrana sinovială.

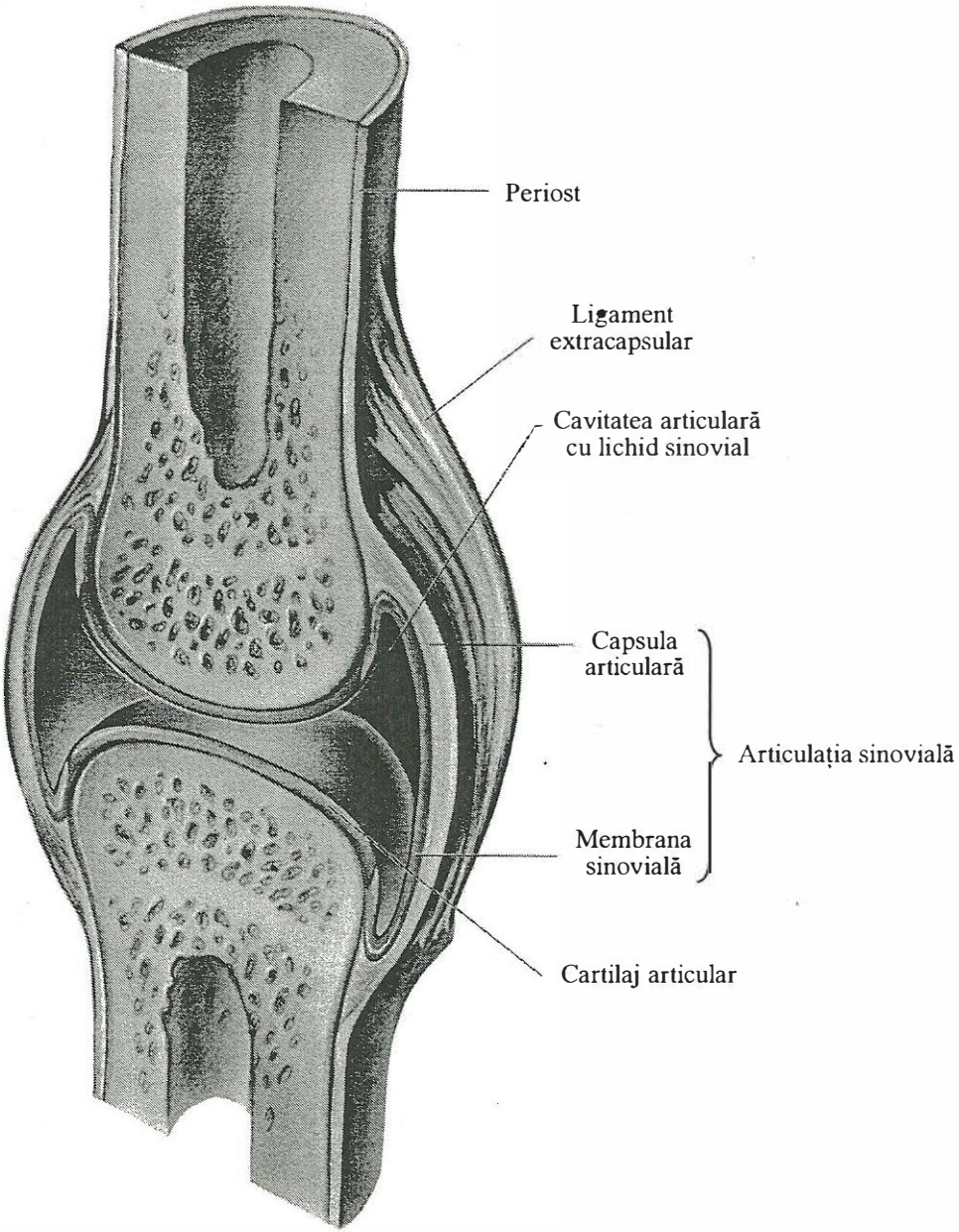


Figura 4.4. Alcătuirea unei articulații sinoviale (după Marieb, 1998).

Cartilajul articular are rol de tampon, amortizând presiunea dată de greutatea corpului şi şocurile. El uşurează alunecarea oaselor din articulație, la care contribuie şi lichidul sinovial. Cartilajul articular nu este vascularizat, având astfel o capacitate limitată de regenerare şi de cicatrizare. În cazul distrucției sale, intră într-un proces de fibrozare, ceea ce poate duce la anchiloza articulației respective.

b. ***Capsula articulară*** este un manşon fibros dispus în jurul articulaţiei. Este bogat vascularizată şi inervată, la nivelul ei găsindu-se corpusculii Pacini (proprioceptori). Capsula articulară participă la menţinerea în contact a oaselor, iar în interior delimitează *cavitatea articulară*. Este căptuşită de membrana sinovială. Capsula articulară, în general subţire, este întărită din loc în loc de ligamentele articulare.

c. ***Ligamentele articulare*** sunt benzi fibroase, care după poziţia lor pot fi *ligamente capsulare* (externe), care au rolul de a frâna unele mişcări şi *ligamente intracapsulare* (interne). Dintre ligamentele intracapsulare fac parte: *ligamentul rotund* care solidarizează capul femurului de fosa acetabulară şi *ligamentul cruciat* al genunchiului.

d. ***Membrana sinovială*** este o foiţă conjunctivă subţire, netedă şi lucioasă care căptuşeşte faţa internă a capsulei articulare. Se inseră pe os la periferia cartilajului articular. Membrana sinovială este bogat vascularizată şi inervată, la nivelul ei găsindu-se terminaţii nervoase proprioceptive şi dureroase. Ea trimite în interiorul cavităţii articulare prelungiri numite *vilozităţi sinoviale* dar şi expansiuni în afara articulaţiei, în locul unde muşchii şi tendoanele au raporturi directe cu planurile osoase, dure. Acestea formează *bursele* şi *tecile sinoviale*, pungi pline cu lichid sinovial. Tecile sinoviale înconjoară tendonul ca un manşon, formând împreună cu osul un tunel osteofibros, cu rolul de a împiedica frecarea acestuia pe planul osos şi favorizând alunecarea.

e. ***Lichidul sinovial*** (sinovia) este secretat de membrana sinovială în cantitate mică, de 1-3 ml. Este un lichid clar şi vâscos, având aspectul albuşului de ou şi conţine cantităţi mari de *acid hialuronic*. Se dispune sub forma unui film continuu la suprafaţa cartilajului articular, dar pătrunde şi în porii acestuia, îmbibându-l. Lichidul sinovial îndeplineşte multiple roluri: uşurează alunecarea suprafeţelor articulare; constituie un mediu nutritiv pentru catrilajul articular care este lipsit de vase de sânge; conţine celule cu rol fagocitar, care curăţă cavitatea articulară de agenţi patogeni şi de resturi celulare.

La presiuni mari exercitate în articulaţie, lichidul sinovial, care se găseşte şi în cartilajul articular, iese din acesta şi "unge" capetele articulare. Din acest

motiv, la începutul oricărei activități sportive este absolut necesară *încălzirea*, în timpul căreia articulațiile devin mai mobile.

Atunci când suprafețele articulare ale oaselor implicate în articulație sunt incongruente (nu se "potrivesc") la nivelul acesteia se găsesc *formațiuni fibrocartilaginoase articulare*. Acestea sunt de mai multe feluri: cadrul glenoidal, discuri intraarticulare și meniscurile.

SISTEMUL MUSCULAR

Aproape jumătate din greutatea corpului uman o constituie mușchii, care în funcție de structura lor, sunt de trei tipuri: *mușchii scheletici* (somatici), *mușchii viscerali* și *mușchiul cardiac*.

Țesutul muscular este format din *celule musculare,* numite și *fibre musculare*, datorită formei lor alungite. O fibră musculară este alcătuită din: membrana celulară numită *sarcolemă*, citoplasma numită *sarcoplasmă*, organite comune și organite specifice fibrei musculare: *reticulul sarcoplasmatic* și *miofibrilele*, care conțin proteine contractile (actina și miozina).
Țesutul muscular este de trei feluri:

- ***țesut muscular striat*** are aparatul contractil organizat sub formă de miofibrile cu aspect striat. Intră în alcătuirea mușchilor scheletici, care participă la realizarea mișcărilor voluntare și la alcătuirea formei generale a corpului.

- ***țesut muscular neted*** - celulele sale nu au elementele contractile organizate în miofibrile. Intră în alcătuirea organelor interne și a vaselor de sânge, iar contracțiile sunt involuntare

- ***țesut muscular striat de tip cardiac*** prezintă miofibrile cu aspect striat și contracții involuntare. Formează miocardul din structura peretelui inimii.

Deși structura și rolul mușchilor în activitatea organismului pot să difere semnificativ, toți mușchii au în comun faptul că funcționează cu ajutorul *aceloraşi proteine contractile*, care generează o forță de contracție, conform unui *mecanism identic*.

MUŞCHII SCHELETICI

Un muşchi scheletic este alcătuit din ***corpul muşchiului*** - *pântece* sau *venter* - şi două extremităţi care se continuă cu ***tendoane***, prin care muşchiul se inseră pe oase. Tendoanele pot fi cilindrice sau late (aponevroze). Unul din tendoane se inseră pe osul care rămâne fix în timpul mişcării şi constituie *originea* muşchiului şi celălalt, pe punctul mobil al mişcării şi constituie *inserţia*. După forma lor, muşchii pot fi: *muşchi lungi*, dispuşi cu precădere la nivelul extremităţilor, cu contracţii rapide; *muşchi laţi*, dispuşi în pereţii cavităţilor corpului; *muşchi scurţi* cu forţă mare de contracţie şi *muşchi sfincteri,* formaţi din fibre circulare.

ALCĂTUIREA MUŞCHIULUI SCHELETIC

Un muşchi scheletic este format din sute sau mii de fibre musculare, dispuse în *fascicule musculare* primare, secundare şi terţiare, care împreună formează corpul muşchiului. În alcătuirea muşchiului scheletic intră şi ţesut conjunctiv, sub formă de *teci conjunctive*, care solidarizează componentele muşchiului între ele şi constituie căi de acces pentru vasele de sânge şi nervi (Fig. 4.5).

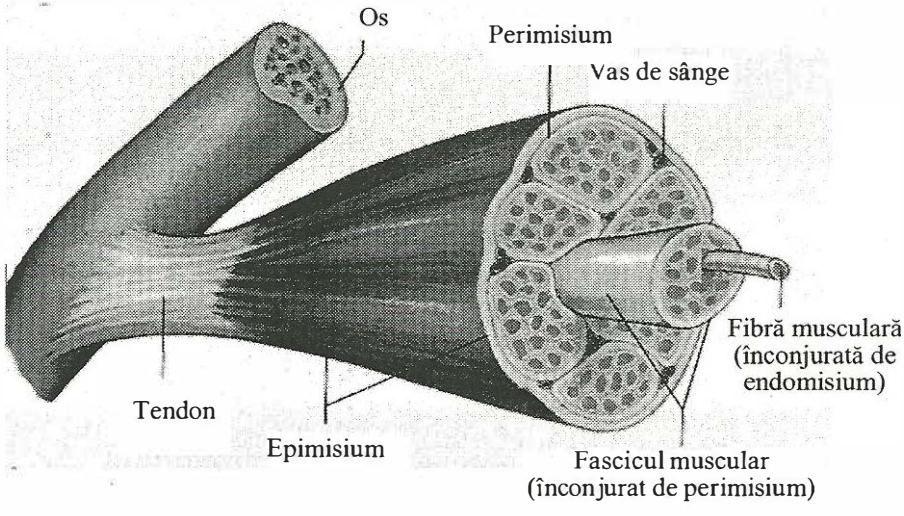


Figura 4.5. Alcătuirea muşchiului scheletic. Muşchiul scheletic este format din fibre musculare dispuse în fascicule şi din teci conjunctive. Aceste teci sunt endomisium în jurul fibrei musculare, perimisium în jurul fasciculului muscular şi epimisium în jurul întregului muşchi (după Marieb, 1998).

La exterior, muşchiul scheletic este învelit în totalitate într-o membrană conjunctivă numită *fascia musculară*. Sub aceasta se găseşte o teacă conjunctivă elastică numită *epimisium*, care se continuă cu tendoanele. Din epimisium pleacă septuri formate din ţesut conjunctiv lax care înconjoară fasciculele musculare, numit *perimisium*, bogat în vase de sânge şi nervi. Din perimisium se desprind lame fine conjunctive care învelesc fiecare fibră musculară în parte, formând *endomisium*-ul. Acesta acoperă sarcolema fibrelor musculare şi le conectează între ele.

Tecile conjunctive din alcătuirea muşchiului (epimisium, perimisium şi endomisium) se continuă unele cu altele şi în final cu tendoanele, prin care muşchiul se inseră pe os.

!! Când fibrele musculare se contractă, ele tracţionează tecile conjunctive, care la rândul lor transmit forţa de contracţie tendoanelor şi prin ele osului, pe care îl mişcă.

STRUCTURA FIBREI MUSCULARE STRIATE

Fibra musculară striată este o celulă de formă cilindrică, de mari dimensiuni, putând atinge 20 cm. La periferie prezintă *sarcolema* care trimite în interiorul celulei învaginări de formă tubulară, numite *tubii transverşi* (tubii T). Miile de tubi transverşi dintr-o celulă formează împreună *sistemul T*. Lumenul fiecărui tub T se deschide la exterior, prin el pătrunzând din spaţiul extracelular glucoză, oxigen şi diferiţi ioni. Tubii T trec de la o miofibrilă la alta şi au rolul de a transmite rapid impulsul nervos de la sarcolemă, tuturor miofibrilelor constitutive, care se contractă astfel sincron. *Sarcoplasma* celulei musculare conţine numeroşi nuclei, câte 20-40/cm, dispuşi periferic. La nivelul sarcoplasmei se găsesc organite comune şi organite specifice: reticulul sarcoplasmatic şi miofibrilele, precum şi numeroase incluziuni citoplasmatice care conţin granule de glicogen şi lipide.

Reticulul sarcoplasmatic este o varietate de reticul endoplasmatic neted, specific fibrei musculare striate. Este format din porţiuni dilatate, numite *cisterne terminale* şi din porţiuni cu orientare longitudinală care le interconectează. Cisternele terminale sunt dispuse la joncţiunea dintre banda A şi banda I, în pereche, de o parte şi de alta a unui tub T, formând împreună o

triadă. Rolul reticulului sarcoplasmatic este acela de a regla nivelul intracelular de Ca^{2+}. El acumulează şi eliberează ionii de calciu în timpul contracţiei musculare.

Miofibrilele, în număr de sute sau mii, sunt dispuse paralel pe toată lungimea fibrei musculare. Văzute la *microscopul optic*, miofibrilele prezintă un aspect striat, datorită succesiunii unor *benzi întunecate* (*benzi A*) şi *clare* (*benzi I*). Benzile sunt aşezate la acelaşi nivel pe miofibrilele învecinate, conferind aspectul striat transversal al fibrei musculare striate. Banda întunecată A prezintă la mijloc o bandă clară, mai îngustă, numită *banda H*, care la rândul ei este bisectată de o bandă întunecată, *banda M*. La mijlocul benzii I clară, este dispusă o bandă întunecată, *banda* sau *linia Z*. Aceasta solidarizează miofibrilele între ele, inserându-se pe faţa internă a sarcolemei. Segmentul de miofibrilă cuprins între două linii succesive Z formează un *sarcomer*, care constituie unitatea funcţională a miofibrilei.

În concluzie, miofibrilele reprezintă substratul contractil al fibrei musculare, iar fiecare miofibrilă este formată din unităţi contractile mai mici, sarcomerele (Fig. 4.6).

La nivel ultrastructural, miofibrilele sunt alcătuite din ***miofilamente***. Acestea sunt de două tipuri: ***filamente groase***, alcătuite din ***miozină*** şi ***filamente subţiri***, formate din ***actină***, ***tropomiozină*** şi ***troponină***. Benzile I clare sunt formate numai din filamente subţiri, ataşate de linia Z. Regiunile întunecate ale benzii A conţin atât filamente groase cât şi subţiri. Filamentele au o dispoziţie precisă, geometrică, cu un miofilament gros în centru, înconjurat de 6 miofilamente subţiri, iar un miofilament subţire este înconjurat de 3 miofilamente groase. Banda H este formată numai din filamente groase de miozină (Fig. 4.6).

Miozina şi actina sunt *proteine contractile*, iar tropomiozina şi troponina sunt *proteine reglatoare*. În sarcoplasma celulei musculare se găsesc şi *proteine necontractile*, cum ar fi *mioglobina,* asemănătoare hemoglobinei, care are rolul de a transporta oxigenul necesar reacţiilor biochimice din muşchi.

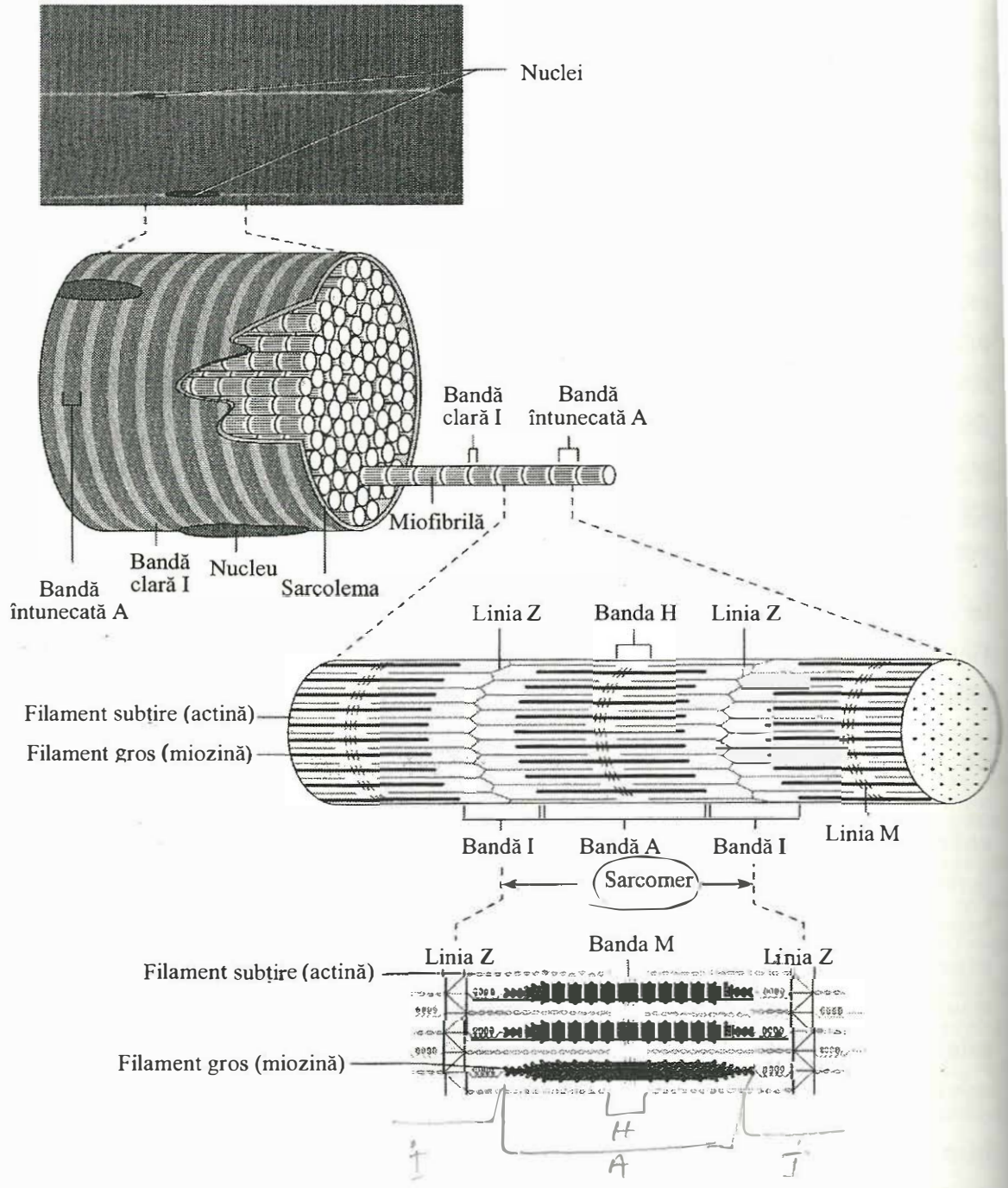


Figura 4.6. Structura fibrei musculare striate. Reprezentare schematică a modului de dispunere a miofibrilelor şi miofilamentelor (după Marieb, 1998).

TIPURI DE FIBRE MUSCULARE SCHELETICE

În alcătuirea unui mușchi scheletic se disting *3 tipuri de fibre musculare*, diferențiate în funcție de structură, viteză de contracție și rezistență la oboseală. Astfel, distingem fibre musculare roșii (tip I), fibre albe (tip II) și fibre intermediare (tip II B).

Fibrele de tip I - fibrele roșii au diametre mici, o bogată vascularizație capilară, numeroase mitocondrii și conțin cantități mari de mioglobină. Mioglobina este o proteină asemănătoare hemoglobinei, care asigură necesarul de oxigen pentru contracția aerobă a acestor fibre. Fibrele roșii au contracții lente și prelungite și sunt rezistente la oboseală. Ele predomină în mușchii posturali ai trunchiului și gâtului.

Fibrele de tip II - fibrele albe au dimensiuni mari, fiind de două ori mai voluminoase decât cele roșii. Au un conținut scăzut de mioglobină și o vascularizație mai săracă. Conțin mai puține mitocondrii, dar depozitează mari cantități de glicogen, pe care îl metabolizează anaerob. Din acest motiv, ele au contracții rapide și de scurtă durată, iar prin acumularea de acid lactic, oboseala musculară se instalează rapid. Fibrele albe intră cu precădere în constituția mușchilor membrelor inferioare.

Fibrele de tip II B - fibrele musculare intermediare - sunt de culoare roz, având dimensiuni intermediare între primele două. Au un conținut bogat de mioglobină și astfel metabolizează aerob glucoza. Din acest motiv, sunt fibre rezistente la oboseală și au contracții mai rapide decât fibrele roșii.

Mușchii scheletici prezintă în structura lor toate cele trei tipuri de fibre musculare, dar în proporții diferite: 50% fibre roșii, 35% fibre intermediare și 15% fibre albe. Proporția acestora diferă și de la un mușchi scheletic la altul. Astfel, mușchii posturali ai trunchiului și gâtului conțin în proporție de 90% fibre roșii, pe când mușchii membrelor inferioare conțin în special fibre albe și intermediare.

!! La unii oameni predomină un anumit tip de fibre musculare, caracter determinat genetic și care condiționează performanțele sportive. Astfel, se spune că "sprinterii și maratoniștii sunt înnăscuți și nu făcuți". La sprinteri, capabili de efort susținut, dar de scurtă durată, predomină fibrele albe (60%), pe

când la maratoniști, capabili de eforturi susținute și îndelungate, predomină fibrele roșii (80%).

INERVAȚIA MUȘCHIULUI SCHELETIC

Activitatea normală a mușchiului este în totalitate dependentă de inervația sa. Un mușchi denervat se atrofiază. Tonusul muscular, contracția musculară și *sensibilitatea mușchiului sunt asigurate de sistemul nervos. Mușchii prezintă o inervație somatică* (senzitivă și motorie) și o *inervație vegetativă*, asigurată de fibre vegetative simpatice și rar parasimpatice, care ajung la mușchi pe calea plexurilor perivasculare, având efecte vasomotorii.

Inervația somatică a mușchilor este asigurată de nervii spinali și de nervii cranieni (pentru mușchii din regiunea capului). Nervii, după ce au pătruns în corpul mușchiului, se ramifică și formează *plexuri nervoase* la nivelul perimisiumului, din care pleacă fibre nervoase la nivelul fiecărei celule musculare în parte.

A) Fibrele somatice senzitive sunt *dendritele neuronilor pseudounipolari* din ganglionii spinali sau din ganglionii omologi de pe traiectul nervilor cranieni. Ele ajung la mușchi sub forma *terminațiilor nervoase libere* sau intră în alcătuirea *fusurilor neuromusculare* și a *corpusculilor tendinoși Golgi*. Fusurile neuromusculare, corpusculii tendinoși Golgi și corpusculii Pacini (de la nivelul periostului și articulațiilor) constituie o clasă aparte de receptori, numiți *proprioreceptori*. Aceștia sunt receptorii *analizatorului kinestezic*, care informează sistemul nervos central despre poziția spațială a corpului, a diferitelor sale segmente și mai ales asupra gradul de contracție al fiecărui mușchi.

Fusurile neuromusculare sunt formațiuni senzitive încapsulate, de formă alungită, distribuite printre fibrele mușchiului scheletic (Fig. 4.7). Ele sunt sensibile la *schimbările de lungime* ale mușchiului. Un fus neuromuscular este format din 2-10 fibre musculare modificate, numite *fibre intrafusale,* incluse într-o capsulă conjunctivă. O fibră musculară intrafusală este o celulă alungită, care prezintă o parte centrală dilatată și necontractilă, cu inervație senzitivă bogată și două extremități contractile, inserate pe fibrele musculare din jurul fusului, numite *fibre extrafusale*. Fusul neuromuscular are o *dublă inervație*, senzitivă și motorie.

Inervația senzitivă este asigurată de două tipuri de terminații nervoase: *terminații primare*, *spiralate*, dispuse în jurul părții centrale a fibrei intrafusale, cu viteză de conducere mare și *terminații secundare*, dispuse *în "buchet"* de o parte și de alta a celor primare, cu viteză de conducere mică.

Inervația motorie proprie a fusului neuromuscular este asigurată de *motoneuronii gamma* din coarnele anterioare ale măduvei spinării. Axonii acestor neuroni se distribuie la extremitățile contractile ale fibrelor intrafusale (Fig. 4.7).

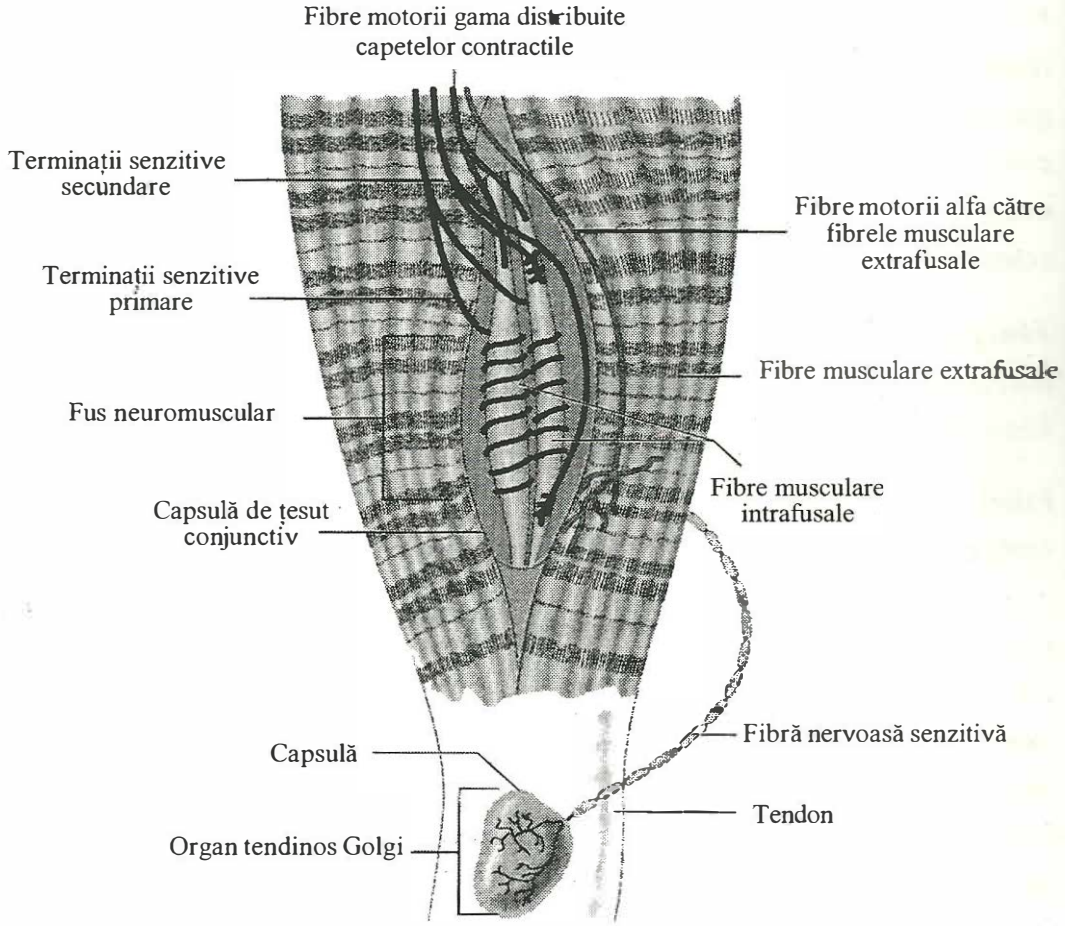


Figura 4.7. Structura fusului neuromuscular și a corpusculului Golgi (după Marieb, 1998).

Corpusculii tendinoși Golgi sunt receptori senzoriali, situați la joncțiunea dintre mușchi și tendon. Ele informează sistemul nervos central asupra *tensiunii musculare*. Corpusculii tendinoși sunt structuri încapsulate, de aproximativ

1 mm lungime, conectați în serie cu fibrele musculare scheletice. Fiecare conține o singură fibră nervoasă senzitivă, care se ramifică abundent sub formă unor terminații butonate.

B) Fibrele somatomatorii sunt *axonii neuronilor alfa* și *gamma* din coarnele anterioare ale măduvei spinării sau fibrele motorii ale unor nervi cranieni, care inervează mușchii capului. *Fibrele somatomotorii alfa* stabilesc legătura funcțională cu fibrele musculare scheletice la nivelul *plăcii motorii (joncțiune neuromusculare)*. Aceasta este o varietate de sinapsă chimică, la nivelul căreia se eliberează *acetilcolina (Ach)*.

Fibrele motoneuronilor gamma se distribuie capetelor contractile ale fibrelor intrafusale din componența fusurilor neuromusculare. Activarea neuronilor gamma din coarnele anterioare medulare, determină contracția capetelor contractile și stimularea terminațiilor senzitive din partea centrală a fusului neuromuscular. În acest fel, neuronii gamma produc o ajustare permanentă a sensibilității fusurilor neuromusculare.

Joncțiunea neuromusculară. Transmiterea impulsului nervos la nivelul mușchiului striat se realizează la nivelul unei zone specializate a sarcolemei fibrei musculare, numită joncțiune neuromusculară (Fig. 4.8).

Fiind o sinapsă chimică, joncțiunea neuromusculară este alcătuită dintr-o *componentă presinaptică,* reprezentată de butonul terminal al fibrei nervoase și o *componentă postsinaptică,* reprezentată de sarcolema fibrei musculare, separate printr-un *spațiu sinaptic*. În zonele active ale membranei presinaptice, veziculele cu acetilcolină se golesc prin exocitoză în spațiul sinaptic. Fiecare veziculă conține *acetilcolină* (Ach). Opus zonei active presinaptice, se formează componenta postsinaptică, zonă mai îngroșată a sarcolemei fibrei musculare, care prezintă multiple invaginări. La nivelul acestora sunt localizați numeroși receptori de Ach (*receptori colinergici*).

Unitatea motorie. Un singur neuron motor alfa poate inerva, datorită numeroaselor ramuri terminale ale axonului său, mai multe fibre musculare, care se contractă *sincron*, ca o unitate. *Un motoneuron alfa împreună cu toate fibrele musculare pe care le inervează formează o unitate motorie*. În mod obișnuit, numărul de fibre musculare pe unitatea motorie este de 150-500. Mușchii care execută mișcări de mare finețe, cum ar fi mușchii extrinseci ai

globului ocular, au unități motorii mici, adică un neuron motor inervează numai aproximatix 5 fibre musculare. Mușchii voluminoși, posturali, prezintă unități motorii mari, de peste 700 de fibre musculare.

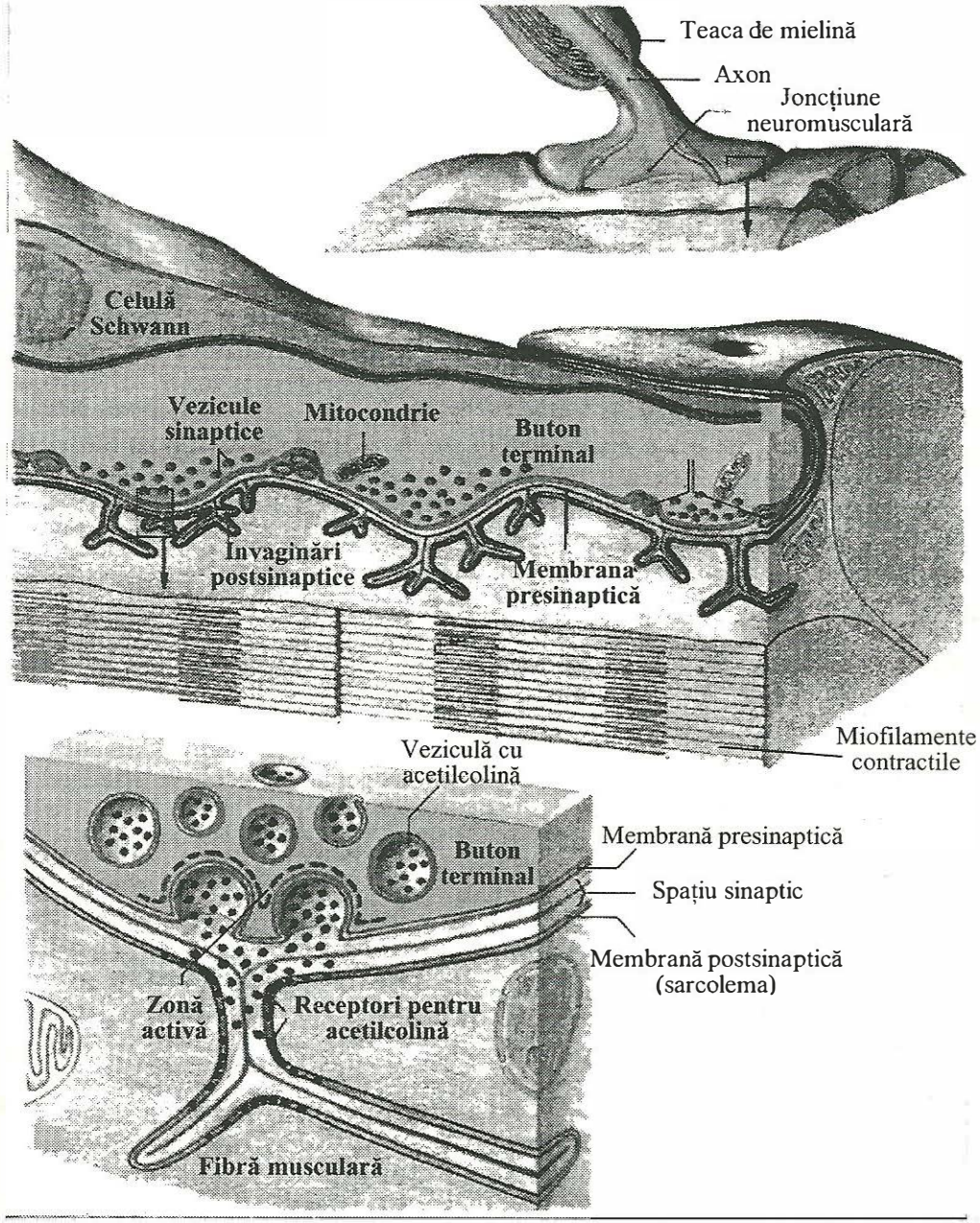


Figura 4.8. Joncțiunea neuromusculară. Axonii motoneuronilor din coarnele anterioare ale măduvei spinării comunică cu mușchii striați la nivelul unor sinapse colinergice speciale, numite joncțiuni neuromusculare (după Despopoulos, Silbernagel, 1991).

MUŞCHII NETEZI

Ţesutul muscular neted formează musculatura organelor interne, având o largă răspândire în organism.

Muşchii netezi se clasifică în două categorii: *muşchii netezi viscerali* şi *muşchii netezi multiunitari.*

Din prima categorie fac parte muşchii netezi care formează *tunicile musculare* din pereţii tubului digestiv, căilor urinare şi genitale. Fibrele musculare constitutive nu au o inervaţie motorie individuală, iar stimulii se propagă de la o fibră la alta, cuprinzând chiar întreg muşchiul, care se comportă ca o unitate.

Ţesut muscular neted se găseşte, de asemenea, la nivelul tegumentului, unde formează *muşchii erectori* ai firelor de păr, la nivelul globului ocular, unde constituie *musculatura intrinsecă* a acestuia şi în pereţii vaselor mari de sânge. Toţi aceşti muşchi sunt muşchi netezi multiunitari, constituiţi din fibre musculare cu *inervaţie individuală.*

Celulele musculare netede au dimensiuni mai mici decât cele striate. Au o formă alungită şi prezintă un singur nucleu, situat central. Sarcolema nu prezintă tubi T, dar din loc în loc sunt prezente mici învaginări ale acesteia, numite *caveole*, cu funcţie similară. Sarcoplasma prezintă organite comune şi organite specifice: reticul sarcoplasmatic, mai puţin dezvoltat decât în celulele musculare striate şi miofilamente de actină şi miozină. Acestea sunt mai puţin numeroase decât în celula musculară striată şi nu sunt organizate în miofibrile cu sarcomere.

Muşchii netezi produc de obicei *contracţii susţinute* (cum ar fi contracţia arteriolelor pentru a creşte presiunea sanguină în perioadele de stres) sau *lente*, în formă de undă (cum ar fi contracţiile peristaltice care deplasează hrana de-a lungul tractului digestiv). Celulele musculaturii netede sunt conectate una cu cealaltă la nivelul fasciculelor musculare, ceea ce permite contracţii sincronizate.

Contracţia musculaturii netede poate fi stimulată de impulsuri nervoase, de întindere, hormoni, factori tisulari locali sau o combinaţie a acestora. Contracţia este asigurată tot de glisarea filamentelor de actină şi de miozină, care însă

fiind mai puțin organizate, alunecă *mai lent* una față de cealaltă. Controlul musculaturii netede este *involuntar*, realizat de sistemul nervos vegetativ.

MUŞCHIUL CARDIAC

Muşchiul striat de tip cardiac se găseşte la nivelul peretului inimii, unde formează *miocardul*. Este dotat cu capacitatea de *automatism*, generându-şi propriile contracții şi continuând să se contracte chiar dacă inima este scoasă în afara organismului. Celulele musculare cardiace trebuie să se contracte practic simultan pentru a pompa sângele în mod eficient. Acest lucru este posibil datorită *discurilor intercalare,* un tip special de joncțiuni intercelulare (joncțiuni gap sau nexus), care permit stimulilor contractili să treacă de la o celulă la alta, contracțiile lor fiind astfel sincrone. Mai multe detalii despre structura şi funcționarea miocardului sunt prezentate la sistemul cardio-vascular.

CAPITOLUL V. **SISTEMUL ENDOCRIN**

De timpuriu în evoluția vieții pe Pământ, celulele şi-au dezvoltat căi de comunicare şi de influențare reciprocă. Există astfel posibilitatea comunicării prin *contact direct* sau *la distanță*, prin secreția unor *compuşi chimici*. Compuşii chimici eliberați în mediul intern au permis comunicarea între celule aflate la distanță unele de altele şi îmbunătățirea mecanismelor de coordonare a activității celulelor. Compuşii chimici pot fi: *hormoni* (secretați de celulele glandelor endocrine direct în sânge sau limfă), *neurohormoni* (produşi de celule nervoase cu funcții secretorii) şi *neurotransmițători* (eliberați de neuroni la nivelul sinapselor) (Fig. 5.1).

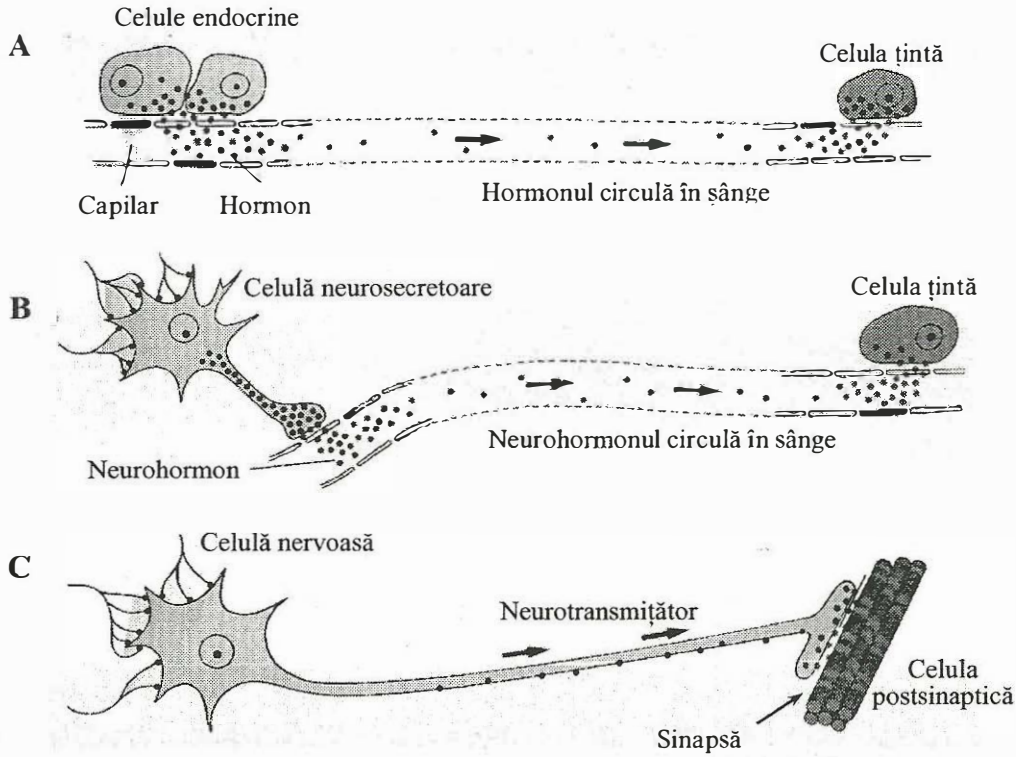


Figura 5.1. Comunicarea chimică între celule. Compuşii chimici care influențează activitatea altor celule pot fi: **A.** Hormoni **B.** Neurohormoni şi **C.** Neurotransmițători. Celulele secretoare de hormoni şi celulele neurosecretoare îşi eliberează produşii de secreție în sânge, care îi transportă la celulele-țintă aflate la distanță (după Audesirk & Audesirk, 1989).

Totalitatea glandelor endocrine din organism formează **sistemul endocrin**. Sistemul endocrin lucrează în strânsă legătură cu sistemul nervos, ambele fiind *sisteme integratoare* prin care organismul îşi controlează activitatea şi se adaptează situaţiilor noi din mediu. Astfel, sistemul nervos reacţionează la stimuli interni şi externi prin răspunsuri *rapide*, dar de *scurtă durată*. Sistemul endocrin prelungeşte aceste acţiuni prin hormonii săi, realizând răspunsuri *lente* şi *prelungite*. Prin relaţiile dintre sistemul nervos şi sistemul endocrin se realizează controlul întregii activităţi a organismului, asigurându-se echilibrul său funcţional şi integrarea în mediu.

Glandele endocrine sunt: *hipofiza, epifiza, tiroida, paratiroidele, suprarenalele, pancreasul endocrin* şi *gonadele* (Fig. 5.2).

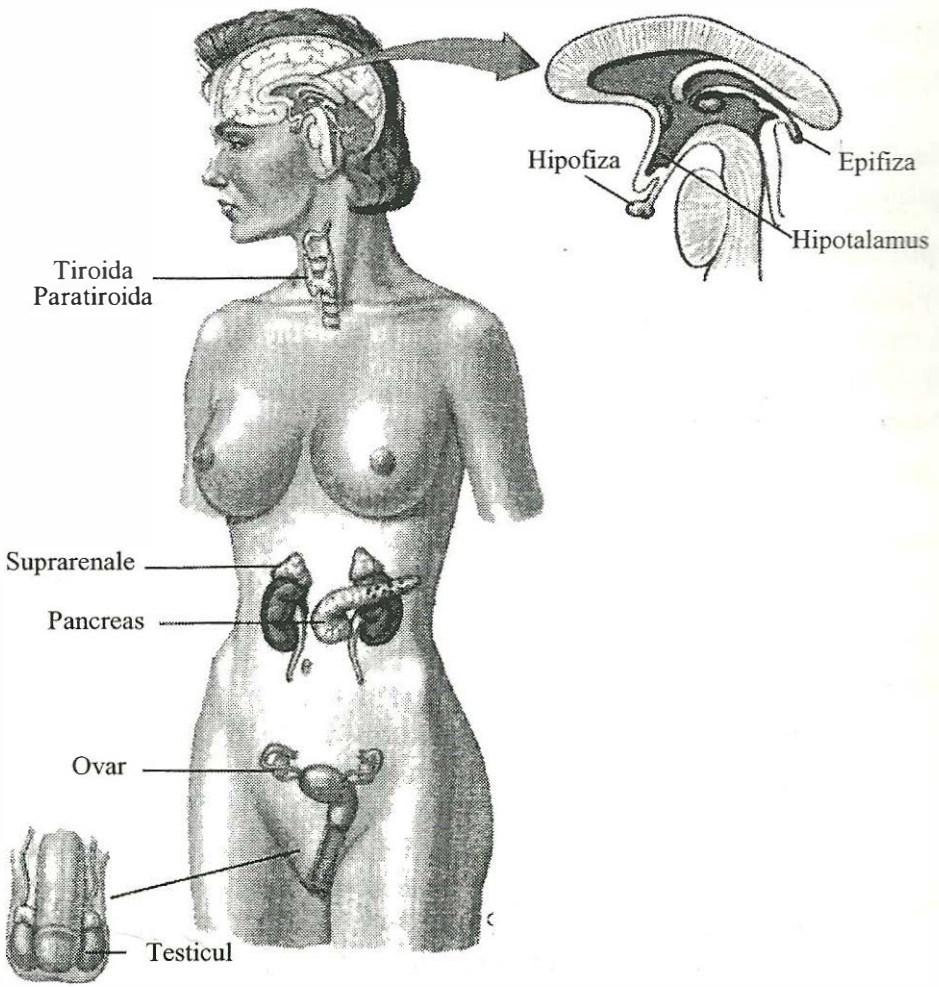


Figura 5.2. Glandele endocrine din corpul uman (după Van De Graaff, Fox, 1995).

Hormonii sunt compuşi chimici specifici, care acționează la distanță de locul sintezei, producând efecte caracteristice la nivelul celulelor-țintă. Ei reprezintă produsul de secreție al glandelor endocrine (glande cu secreție internă, fără canale proprii de eliminare, care îşi varsă produşii direct în sânge sau limfă).

Celulele-țintă sunt purtătoare de *receptori* specifici (macromolecule specializate) care prezintă situsuri de legare pentru un anumit hormon. Receptorii pot fi localizați pe membrana celulară, în citoplasma sau nucleul celulei-țintă. Ei primesc informațiile transmise de hormoni care vor determina răspunsuri *a priori* programate ale celulelor-țintă, având ca rezultat un efect celular amplificat.

Un hormon poate produce una sau mai multe din următoarele modificări la nivelul activității celulare: schimbarea permeabilității membranei celulare, sinteza de proteine structurale sau reglatoare (enzime), activarea sau inactivarea enzimelor, inducerea activității secretorii şi stimularea diviziunii celulare.

Clasificarea hormonilor se face în funcție de structura lor chimică: (1) *hormoni cu structură proteică* (polipeptide şi glicoproteine, ex: hormonii adenohipofizari), (2) *hormoni cu structură lipidică* (ex: hormonii corticosteroizi) şi (3) *amine biogene* (ex: catecolaminele).

În funcție de structura lor chimică, hormonii interacționează cu receptori situați fie la nivelul membranei celulare (hormonii cu structură proteică), fie în interiorul celulei-țintă (hormonii cu structură lipidică).

Hormonii proteici nu pot trece prin membrana celulară. De aceea, ei se leagă de un *receptor membranar* şi activează o cascadă enzimatică intracelulară, cu generarea de *mesageri secundari*, cum ar fi adenozinmonofosfatul ciclic (AMPc) sau diacilglicerolul (DAG) şi inozitoltrifosfatul (IP3).

Hormonii lipidici pot difuza în interiorul celulelor, unde se leagă de un *receptor intracelular*. Complexul hormon-receptor pătrunde apoi în nucleul celulei-țintă, unde hormonul se leagă de o proteină specifică de pe ADN. Acestă legare inițiază transcrierea informației din unele gene şi sinteza de ARNm, care este apoi translatat într-o secvență specifică de aminoacizi. Proteinele astfel sintetizate pot fi: *enzime* care stimulează activitatea metabolică, *proteine structurale* sau proteine care vor fi secretate în afara celulei.

Secreția glandelor endocrine este reglată prin *mecanisme nervoase, umorale* sau *hormonale*. Mecanismele umorale sunt declanşate de creşteri sau scăderi ale unor constante sanguine, iar cele hormonale de creşterea sau scăderea concentrației unor hormoni în mediul intern.

Mecanismele de reglare au la bază principiul feed-back-ului. *Conceptul de feed-back* este larg folosit atât în biologie cât şi în inginerie. Organismul are *senzori* (receptori) care detectează *abaterea* de la o anumită valoare optimă, de echilibru, necesară pentru buna funcționare a organismului. În momentul când o asemenea schimbare este detectată, informația este trimisă la un *centru de integrare* - centru nervos sau grup de celule endocrine. În centrul de integrare informația este prelucrată, elaborându-se o *comandă*, care va creşte sau va scădea activitatea *efectorilor* (muşchi sau glande), în scopul revenirii constantelor la valoarea lor de echilibru. Rezultatul acțiunii este comunicat în *sens invers* – feed-back - centrului de integrare, care în continuare va ajusta sau nu activitatea efectorilor. Feed-back-ul poate fi pozitiv sau negativ.

Feed-back-ul pozitiv amplifică abaterea de la valoarea de echilibru, producând un efect regenerativ, exploziv sau autocatalitic. În sistemele biologice el este folosit adesea pentru a genera faza ascendentă a unui eveniment ciclic, de exemplu a unui potențial de acțiune. *Feed-back-ul negativ* scade abaterea de la valoarea de echilibru şi permite astfel stabilizarea sistemului, aproape de nivelul optim.

HIPOFIZA

Hipofiza este situată în cutia craniană. Este dispusă pe fața bazală a encefalului, inferior de hipotalamus de care este legată prin *tija hipofizară*. Este învelită de dura mater şi adăpostită într-o fosetă a osului sfenoid, numită *şaua turcească*. Hipofiza este o glandă de mici dimensiuni, de forma unui bob de fasole, cu un diametru de aproximativ 1 cm şi cântărind 500 mg. Este formată din două porțiuni cu origine, structură şi funcții diferite: *adenohipofiza* şi *neurohipofiza*.

CONEXIUNILE HIPOTALAMO-HIPOFIZARE

Activitatea secretorie a hipofizei este sub controlul direct al hipotalamusului cu care formează ***sistemul neurosecretor hipotalamo-hipofizar***. Controlul hipofizei se realizează prin *neurohormoni*, sintetizați de neuroni hipotalamici cu funcții neurosecretoare, organizați în nuclei.

Neurosecrețiile ajung la nivelul adenohipofizei pe *cale vasculară*, prin intermediul sistemului port hipotalamo-hipofizar şi la nivelul neurohipofizei, pe *cale nervoasă*, prin tractul hipotalamo-hipofizar (Fig. 5.3).

HIPOTALAMUSUL ŞI ADENOHIPOFIZA

Secreția de hormoni adenohipofizari este sub controlul direct al hipotalamusului. La nivelul hipotalamusului ventral, în *zona infundibulo-tuberală*, se găsesc neuroni de mici dimensiuni (parvocelulari) care secretă *neurohormoni adenohipofizotropi*. Unii au proprietatea de a stimula secreția celulelor adenohipofizei şi se numesc ***hormoni*** sau ***factori de eliberare*** (releasing factors), iar alții au proprietăți inhibitoare şi se numesc ***hormoni*** sau ***factori de inhibare*** (inhibiting factors). Se consideră că pentru fiecare hormon adenohipofizar, hipotalamusul secretă câte un factor de eliberare şi respectiv de inhibare. Astfel, *hormonul eliberator de tirotropină* (**TRH**, thyrotropin-releasing hormone) stimulează secreția de TSH la nivelul celulelor tireotrope adenohipofizare; *hormonul eliberator de ACTH* (**CRH**, corticotropin-releasing hormone) stimulează secreția celulelor corticotrope; *hormonul eliberator de gonadotropine* (**GnRH**, gonadotropin-releasing hormone) stimulează secreția celulelor gonadotrope adenohipofizare şi *hormonul eliberator de somatotropină* (**GHRH**, growth hormone-releasing hormone) stimulează secreția de STH. Pentru prolactină (PRL) a fost identificat factorul inhibitor al secreției (**PIF**).

Hormonii de eliberare sau de inhibare ajung prin axonii neuronilor secretori tubero-infundibulari în porțiunea bazală a hipotalamusului, numită *eminența mediană*. Aceasta este legată printr-un sistem vascular de tip port de adenohipofiză. ***Sistemul port hipotalamo-hipofizar*** îşi are originea într-un *prim plex de capilare* de la nivelul eminenței mediane, din care se formează *venelor portale*. Acestea ajung prin tija hipofizară la adenohipofiză, unde se

capilarizează, formând *plexul capilar secundar*. În acest fel, neurohormonii hipotalamici ajung pe cale vasculară la celulele adenohipofizare, modulându-le activitatea (Fig. 5.3).

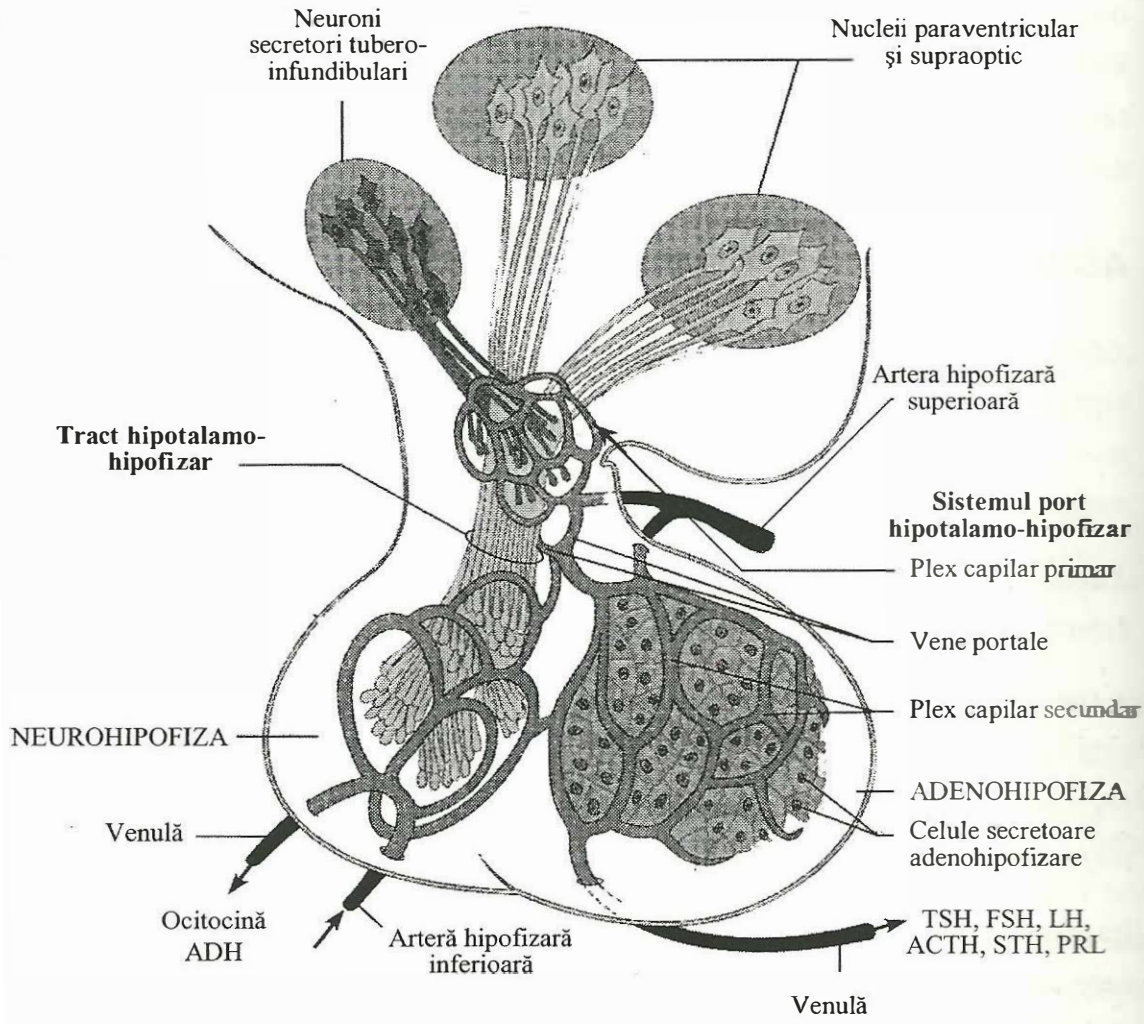


Figura 5.3. Relaţiile anatomice şi funcţionale dintre hipofiză şi hipotalamus. Neuronii din nucleii hipotalamici supraoptici şi paraventriculari sintetizează ADH şi ocitocină care sunt transportaţi de-a lungul tractului hipotalamo-hipofizar la neurohipofiză. Neuronii tubero-infundibulari sintetizează hormoni de eliberare/inhibare care sunt transportaţi prin sistemul port hipotalamo-hipofizar la adenohipofiză (după Marieb, 1998).

HIPOTALAMUSUL ŞI NEUROHIPOFIZA

La nivelul hipotalamusului anterior sunt situaţi *nucleii supraoptici şi paraventriculari,* formaţi din neuroni de mari dimensiuni (magnocelulari) care secretă doi neurohormoni: *ocitocina* şi *hormonul antidiuretic* (ADH-antidiuretic hormone). Axonii amielinici ai neuronilor magnocelulari formează ***tractul hipotalamo-hipofizar***, care prin tija hipofizară ajunge la neurohipofiză. Sub influenţa unor stimuli nervoşi sau umorali, neurohormonii vor fi eliberaţi în sânge. În concluzie, neurohipofiza este un *organ de depozit* şi *eliberare* a neurosecreţiilor hipotalamice (Fig. 5.3).

ADENOHIPOFIZA

Adenohipofiza sau *lobul anterior* constituie partea cea mai voluminoasă a hipofizei. În alcătuirea ei este inclus şi *lobul intermediar*, o lamă subţire de ţesut glandular, puţin dezvoltat la om, care secretă *hormonul stimulator al melanocitelor* (MSH - melanocyte-stimulating hormone).

Adenohipofiza este formată din mai multe tipuri celulare care secretă hormoni diferiţi, înconjurate de o bogată reţea de capilare.

Adenohipofiza secretă **6 hormoni**, dintre care 4 sunt ***hormoni tropi (glandulotropi)*** deoarece au ca organe-ţintă alte organe endocrine cărora le reglează activitatea (TSH, ACTH, FSH şi LH) şi doi ***hormoni nonglandulotropi***, STH-ul şi prolactina.

La nivelul adenohipofizei se găsesc următoarele tipuri de celule: *somatotrope* care secretă STH; *lactotrope* care secretă prolactina; *corticotrope* care secretă o macromoleculă precursoare, un prohormon (POMC pro-opio-melanocortina), care se scindează şi rezultă ACTH şi MSH; *tireotrope* care secretă TSH şi celulele *gonadotrope* care secretă hormoni gonadotropi: FSH şi LH (Fig.5.4).

Hormonul de creştere (STH - hormonul somatotrop) asigură creşterea organismului, prin stimularea creşterii oaselor lungi, a sintezei proteice şi a creşterii viscerelor. La adult, unde creşterea încetează, hormonul de creştere continuă să se secrete, ajutând la reglarea metabolismului. Secreţia sa este reglată către hipotalamus, prin GHRH şi *somatostatină* (hormon de inhibare).

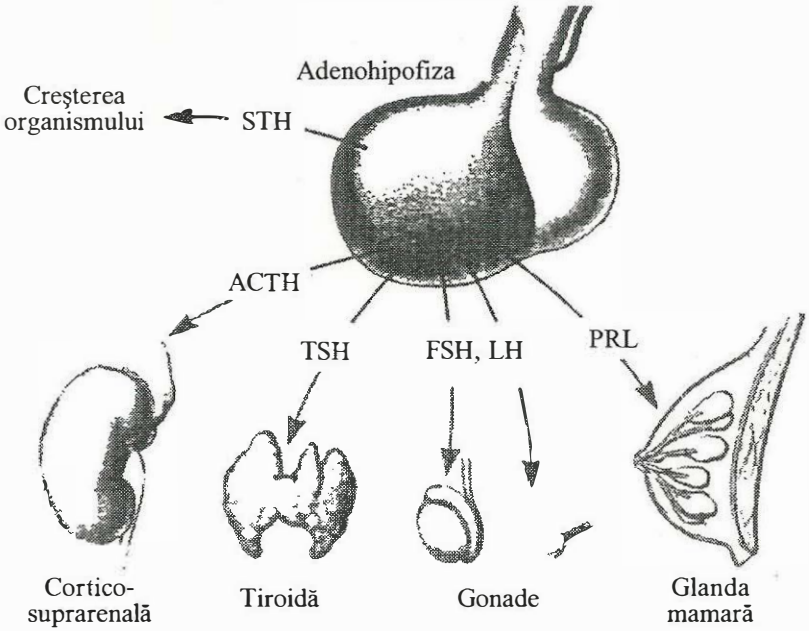


Figura 5.4. Adenohipofiza secretă şase hormoni. ACTH (hormonul adenocorticotrop), TSH (hormonul stimulator al tiroidei), STH (hormonul de creştere), FSH şi LH (hormoni gonadotropi), PRL (prolactina).

Hipersecreţia de hormon de creştere în copilărie determină *gigantismul*, situaţie în care persoanele cresc foarte înalte. La adult, hipersecreţia de hormon de creştere determină *acromegalia*, care se caracterizează prin creşterea în dimensiuni a oaselor scurte şi late şi a părţilor moi (degetele, nasul, limba, mandibula) (Fig.5.5). Hipersecreţia este de cele mai multe ori rezultatul unei tumori hipofizare care secretă cantităţi excesive de hormon. Tratamentul este chirurgical sau prin administrare de somatostatină, dar modificările anatomice osoase sunt ireversibile.

Hiposecreţia de hormon de creştere determină în copilărie *nanismul hipofizar* (piticismul). Persoanele afectate cresc maxim 120 cm în înălţime, dar au un corp bine proporţionat şi un intelect normal. Dacă această deficienţă este diagnosticată înainte de pubertate, tratamentul cu hormoni de creştere poate asigura o creştere aproape normală.

Figura 5.5. Un caz de acromegalie. Această afecțiune este rezultatul hipersecreției hormonului de creștere la adult. Se observă creşterea în dimensiune a extremităților (nasul, mâinile şi mandibula). De la stânga la dreapta, aceeaşi persoană la 16, 33 şi 52 de ani (după Marieb, 1998).

Hormonul adenocorticotrop (ACTH - adrenocorticotropic hormone), stimulează secreția de hormoni glucocorticoizi la nivelul corticosuprarenalei, care ajută organismul să facă față stresului. Secreția sa este controlată de neurohormonul eliberator de corticotropină (CRH) şi urmează un ciclu circadian, atingând nivele maxime dimineața, când persoana se trezește. Nivelele sanguine crescute de ACTH inhibă secreția de CRH şi implicit eliberarea de ACTH. Toți factorii stresanți, interni sau externi, afectează secreția de ACTH.

Hormonul stimulator al tiroidei (TSH - thyroid stimulating hormone) stimulează dezvoltarea normală şi activitatea secretorie a glandei tiroide. Secreția sa este controlată de TRH produs de hipotalamus. Nivelele crescute de hormoni tiroidieni din sânge, inhibă secreția de TSH. Dacă scade secreția de TSH, scade şi nivelul hormonilor tiroidieni, ceea ce antrenează ulterior secreția de hormoni eliberatori din hipotalamus şi determină restabilirea secreției de TSH.

Hormonii gonadotropi – *hormonul foliculostimulator* (FSH – follicle stimulating hormone) şi *hormonul luteinizant* (LH - luteinizing hormone) cunoscute şi sub numele de ***gonadotropine,*** reglează funcționarea gonadelor.

FSH-ul stimulează la femei dezvoltarea foliculului ovarian şi secreția de hormoni estrogeni, iar la bărbați stimulează spermatogeneza.

LH-ul stimulează la femei ovulația, formarea corpului galben şi secreția de estrogeni şi progesteron în a doua parte a ciclului menstrual, iar la bărbați stimulează secreția de testosteron.

Înainte de pubertate, gonadotropinele sunt practic absente din sânge. La pubertate, secreția lor creşte progresiv, determinând maturizarea gonadelor. La ambele sexe, secreția lor este controlată de hormonul eliberator de gonadotropine (GnRH) produs de hipotalamus. Nivelul acestuia este dependent de concentrația sanguină a hormonilor produşi de gonade.

Prolactina stimulează dezvoltarea glandelor mamare precum şi sinteza şi secreția laptelui. Secreția sa creşte începând din luna a 3-a de sarcină, iar după naştere este întreținută prin actul suptului. Nivelul secreției de prolactină este controlat de către hipotalamus. La bărbați predomină hormonul inhibitor de prolactină (PIF), în timp ce la femei concentrația sanguină de prolactină variază cu nivelul de estrogeni.

Hipersecreția de prolactină determină la femei *galactoree* (lactație în afara sarcinii), *amenoree* (absența menstrei), infertilitate şi la bărbați, impotența.

NEUROHIPOFIZA

Neurohipofiza sau *lobul posterior* are origine nervoasă şi este formată din celule neurogliale numite *pituicite* (care nu au rol secretor) şi din numeroase fibre nervoase. Ea este un *organ de depozit* şi *eliberare* a neurosecrețiilor hipotalamice (hormonul antidiuretic - ADH şi ocitocina) (Fig. 5.6).

Hormonul antidiuretic (ADH) sau ***vasopresina*** reglează volumul sanguin şi concentrația de săruri din sânge. Ea facilitează reabsorbția apei la nivelul rinichilor şi a glandelor sudoripare şi determină vasoconstricția la nivelul arteriolelor. Dacă o persoană este deshidratată, volumul sanguin scade şi concentrația de săruri creşte. Aceste schimbări sunt detectate de receptorii pentru presiune (baroreceptorii) şi de receptorii pentru presiune osmotică (osmoreceptorii) din hipotalamus. Neuronii secretori din hipotalamusul anterior răspund la aceste schimbări prin eliberarea de vasopresină, care determină retenția de apă la nivel renal, cu reducerea volumului de urină, creşterea

consecutivă a volumului sanguin şi reducerea presiunii osmotice, prin scăderea concentraţiei de săruri.

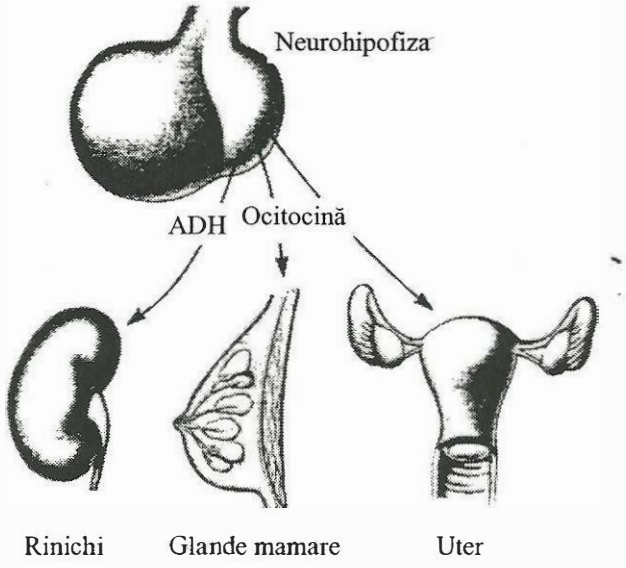


Figura 5.6. Neurohipofiza eliberează doi hormoni: ADH (hormonul antidiuretic) şi ocitocina.

Hiposecreţia de hormon antidiuretic determină *diabetul insipid*, o afecţiune care se manifestă prin *poliurie* (eliminarea unor cantităţi mari de urină, din cauza imposibilităţii reabsorbţiei apei la nivel renal) şi *polidipsie* (ingerarea unei mari cantităţi de apă, consecinţa eliminării masive de urină).

Ocitocina produce la femei contracţia uterului gravid şi expulsia fătului, precum şi eliminarea laptelui. La bărbaţi determină ejacularea. La o mamă care alăptează, ocitocina este eliberată în timpul suptului (Fig. 5.7). În timpul suptului sunt stimulate terminaţiile nervoase senzitive de la nivelul mamelonului, care trimit informaţii către hipotalamus, unde are loc secreţia de ocitocină. Ocitocina ajunge la fibrele musculare din jurul acinilor mamari, determinând contracţia lor şi eliminarea laptelui prin mamelon. Acest reflex continuă până când copilul încetează să mai sugă. Dacă mamelonul nu mai este stimulat, ocitocina nu se mai secretă, muşchii se relaxează şi eliminarea de lapte încetează. Secreţia de lapte este determinată nu numai de stimulii senzitivi de la nivelul mamelonului, ci şi de stimulii vizuali sau auditivi, care ajung la cortex. De aici, prin intermediul talamusului, care are conexiuni cu hipotala-

musul, secreția de ocitocină este activată, iar secreția de lapte se declanşează. Astfel se explică de ce o mamă începe să elimine lapte numai la auzul plânsului copilului său.

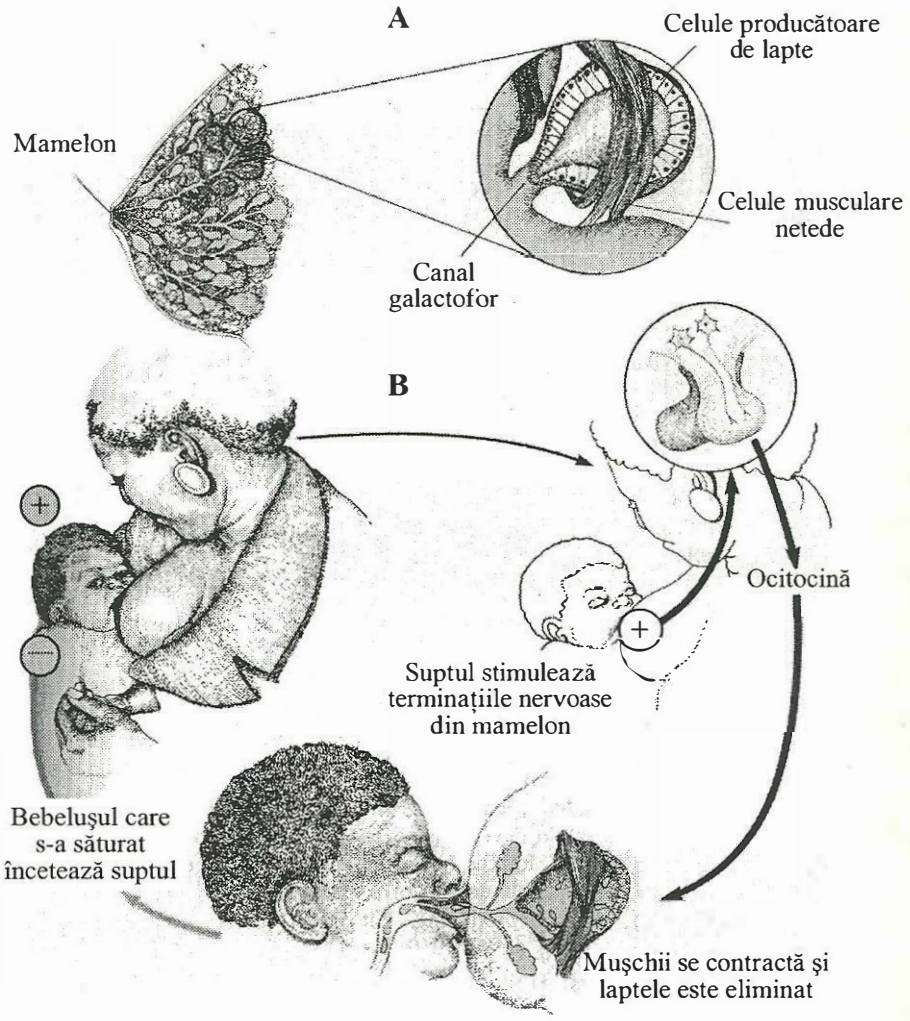


Figura 5.7. Ocitocina controlează alăptarea la sân. A. Structura glandei mamare (glandă exocrină). Acinii mamari comunică cu exteriorul prin canale galactofore care străbat mamelonul. La femeile care alăptează, laptele este depozitat în interiorul acinului mamar şi este eliminat în timpul suptului, când muşchii din jur se contractă şi comprimă acinii. **B**. Eliberarea de lapte este controlată printr-un mecanism de feedback negativ: stimularea mamelonului antrenează secreția de ocitocină, care determină contracția fibrelor musculare din jurul acinilor mamari. Când copilul nu mai suge, secreția de ocitocină încetează (după Audesirk & Audesirk, 1989).

EPIFIZA (GLANDA PINEALĂ)

Epifiza este situată în cutia craniană. Este o formațiune de mici dimensiuni (9/8 mm) de formă conică, dispusă între cei doi coliculi cvadrigemeni superiori. Ea aderă prin baza sa de peretele posterior al ventriculului al III-lea şi alcătuieşte împreună cu plexul coroidian al acestuia *epitalamusul.* În structura glandei pineale intră un tip special de celule, numite *pinealocite* secretoare de ***melatonină***, principalul hormon al epifizei. Sinteza şi secreția de melatonină se află sub controlul *nucleului suprachiasmatic* din hipotalamus.

Secreția de melatonină este supusă unui *ritm circadian,* cu cel mai ridicat nivel noaptea şi cel mai mic în timpul zilei. Ritmul circadian al secreției de melatonină se datorează conexiunilor indirecte pe care epifiza le are cu retina, prin intermediul nucleului suprachiasmatic. În timpul zilei, impulsurile nervoase venite de la retină inhibă activitatea nucleului suprachiasmatic şi respectiv secreția de melatonină.
În jurul vârstei de 7 ani, epifiza începe să regreseze şi la nivelul ei se depun săruri de calciu, astfel că după pubertate glanda poate fi calcifiată în întregime. Melatonina scade secreția de GnRH de la nivelul hipotalamusului, având astfel *efecte antigonadale.* Ea inhibă dezvoltarea prematură a organelor genitale şi controlează astfel debutul pubertății.

GLANDA TIROIDĂ

Tiroida este situată în regiunea anterioară a gâtului la nivelul lojei tiroidiene, între cei 2 muşchi sternocleidomastoidieni, inferior de laringe şi anterior de primele inele ale traheei. Este cea mai voluminoasă glandă endocrină, cântărind la adult aproximativ 25 g. Este formată din *2 lobi*, legați între ei printr-o porțiune numită *istm.* Glanda este învelită într-o capsulă conjunctivă, din care pornesc spre interior septuri, care împart lobii în *lobuli tiroidieni.* La nivelul lobulului tiroidian se găsesc 20-40 formațiuni veziculare, numite foliculi tiroidieni.

Foliculul tiroidian reprezintă unitatea de structură şi funcție a tiroidei. Este format dintr-un singur strat de celule foliculare (*tireocite*) care închid o cavitate - *lumenul folicular.* În interiorul acestuia se găseşte o substanță fluidă, cu

aspect omogen, numită *coloid*, secretat de celulele foliculare. Coloidul conține *tiroglobulina,* o glicoproteină cu greutate moleculară mare şi care reprezintă depozitul intratiroidian de hormoni tiroidieni.

Glanda tiroidă secretă doi hormoni: ***triiodotironina*** (T3) şi ***tetraiodotironina*** (T4 sau tiroxina), tiroxina fiind hormonul predominant. Cei doi hormoni sunt foarte asemănători, ambii fiind formați din două resturi de tirozină legate între ele, de care sunt ataşați trei atomi de iod în T3 şi patru în T4. La adult, cu excepția sistemului nervos, splinei, testiculelor şi uterului, hormonii tiroidieni afectează toate celulele din organism, stimulând oxidarea glucozei. În acest fel creşte nivelul de bază al metabolismului şi consecutiv consumul de oxigen şi temperatura corpului.

Secreția de hormoni tiroidieni este stimulată de TSH produs de adenohipofiză, care la rândul său este controlat de nivelele sanguine ale hormonilor tiroidieni. Nivelele ridicate de tiroxină inhibă prin feed-back negativ secreția de TRH la nivelul hipotalamusului şi de TSH la nivelul adenohipofizei, scăzând astfel eliberarea de tiroxină (Fig. 5.8).

Hiposecreția de hormoni tiroidieni determină la copii *mixedemul congenital.* Copiii afectați au un corp mic, disproporționat (nanism dizarmonic), limba voluminoasă, gât scurt şi manifestă retardare mintală (cretinism). Hormonii tiroidieni sunt esențiali pentru dezvoltarea creierului la făt. Cretinismul poate fi prevenit prin administrarea precoce de hormoni tiroidieni înaintea vârstei de 2 luni, dar dacă modificările fizice sau mentale sunt deja instalate, ele sunt ireversibile.
La adult, hiposecreția de hormoni tiroidieni determină *hipotiroidismul,* care se manifestă prin modificări la nivelul pielii, care devine groasă şi uscată, edeme, letargie, lentoare în gândire (dar nu retardare mintală).

În condițiile unui aport insuficient de iod exogen, în alimente sau apă, glanda tiroidă creşte în volum, determinând *guşa endemică*. Creşterea de volum e consecința stimulării continue de către adenohipofiză prin TSH, a cărui secreție e stimulată de nivelele scăzute de hormoni tiroidieni din sânge. În încercarea de a secreta hormonii tiroidieni necesari, creşte cantitatea de coloid din interiorul foliculilor tiroidieni, care devin voluminoşi, însă nu pot fi produşi hormoni funcționali, din cauza cantității insuficiente de iod.

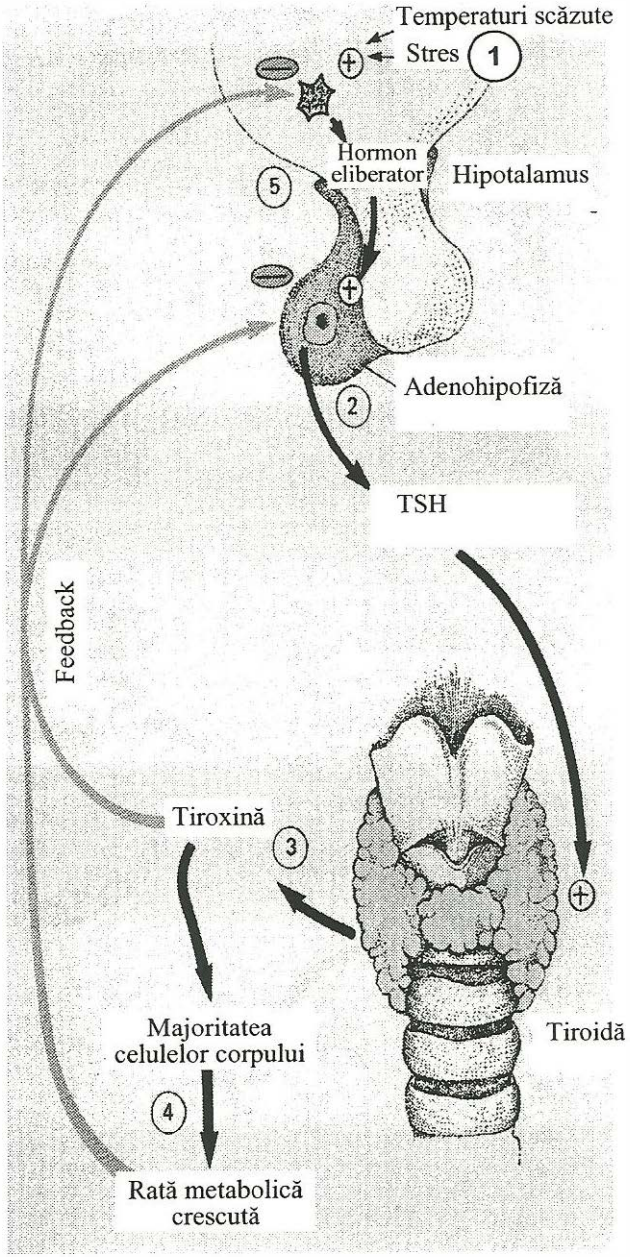


Figura 5.8. Controlul secreției hormonilor tiroidieni. Tiroida secretă tiroxină ca răspuns la acțiunea TSH produs de adenohipofiză. TSH este la rândul său controlat de TRH produs de hipotalamus. Temperatura scăzută sau stresul (1) stimulează celulele neurosecretorii din hipotalamus, determinând secreția de TRH care (2) stimulează secreția de TSH. (3) TSH stimulează apoi secreția de tiroxină. (4) Creşterea temperaturii corpului sau nivelele crescute de tiroxină din sânge, inhibă prin (5) mecanism de feed-back negativ eliberarea de TRH şi de TSH (după Audesirk & Audesirk, 1989).

O afecțiune frecventă în patologia tiroidiană, determinată de *hipersecreția de hormoni tiroidieni,* este *boala Graves-Basedow*. Boala este o afecțiunie autoimună, declanşată de nivelele crescute de *anticorpi anormali care mimează efectul TSH-ului*, stimulând creşterea glandei şi producția excesivă de hormoni tiroidieni. Simptomele tipice sunt creşterea ratei metabolice, transpirație, palpitații, nervozitate şi pierdere în greutate în ciuda unui aport alimentar adecvat. Țesutul din spatele globilor oculari devine edematos şi apoi fibros, ceea ce determină protruzia globilor oculari (*exoftalmia*). Tratamentul constă în îndepărtarea chirurgicală a glandei sau ingerarea de iod radioactiv (^{131}I) care distruge selectiv majoritatea celulelor tiroidiene active.

În structura tiroidei intră şi o altă populație de celule secretoare, numite ***celule parafoliculare*** sau ***celulele C***, care constituie aproximativ 2% din masa glandei. Ele sunt dispuse la baza celulelor foliculare sau în spațiile interfoliculare şi secretă hormonul numit *calcitonina*, cu rol *hipocalcemiant* (scade concentrația sanguină de calciu). Efectele calcitoninei se exercită prin: (1) inhibarea activității osteoclastelor şi astfel scăderea eliberării de calciu din oase, (2) stimularea preluării de calciu în țesutul osos şi (3) scăderea absorbției intestinale şi a reabsorbției renale de Ca^{2+}. Hipercalcemia stimulează eliberarea de calcitonină, în timp ce hipocalcemia inhibă secreția (Fig. 5.9).

GLANDELE PARATIROIDE

Glandele paratiroide sunt organe de mici dimensiuni, de formă ovoidă, în număr de patru, dispuse pe fața posterioară a lobilor tiroidieni. Ele sunt inconjurate de o capsulă proprie, care trimite septuri în interior şi le compartimentează în *lobuli*. La nivelul acestora se găsesc două tipuri de celule: *celule principale*, care secretă ***hormonul paratiroidian*** sau ***parathormonul*** (PTH – parathyroid hormone) şi *celule oxifile,* cu rol neelucidat.

Hormonul paratiroidian sau parathormonul are efect *hipercalcemiant,* prin creşterea absorbției intestinale de calciu, mobilizarea calciului din oase, inhibarea osteogenezei şi creşterea reabsorbției renale de calciu. Absorbția intestinală de calciu necesită vitamina D. Forma în care vitamina D este ingerată sau produsă de către piele, este însă inactivă. Pentru ca ea să îşi

exercite efectele fiziologice, e necesară trecerea la forma activă, *calcitriol*, un proces care are loc în rinichi sub influența parathormonului.

Reglarea secreției de parathormon se face pe *cale umorală*, în funcție de variațiile calcemiei: hipocalcemia stimulează secreția, iar hipercalcemia o inhibă (Fig. 5.9).

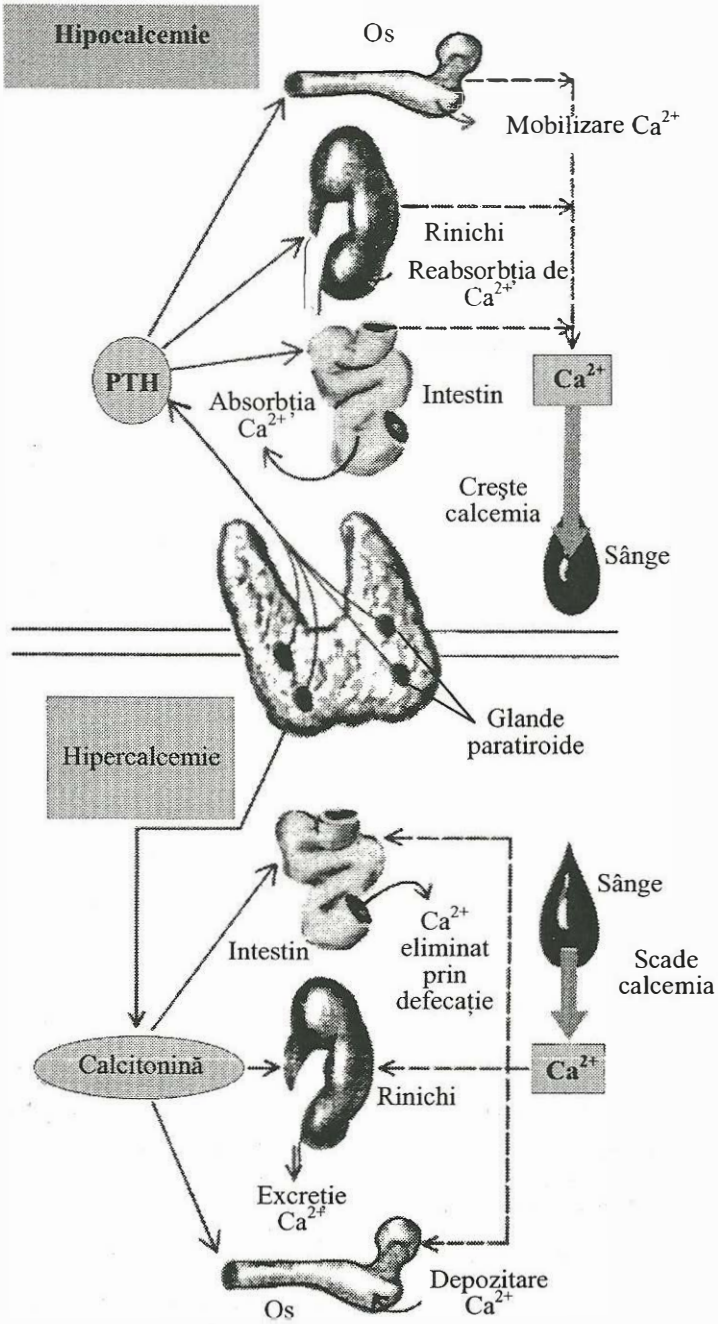


Figura 5.9. Reglarea calcemiei. Dacă nivelul calcemiei scade, este inițiată secreția de hormon paratiroidian, care crește concentrația de calciu prin mobilizarea sa din oase, creşterea absorbției intestinale şi a reabsobției renale. Dacă nivelul calcemiei crește, este stimulată secreția de calcitonină la nivel tiroidian, care reduce concentrația de calciu prin scăderea absorbției intestinale şi a reabsorbției renale sau facilitarea depunerii calciului în oase. PTH – parathormon.

GLANDELE SUPRARENALE

Glandele suprarenale sunt organe endocrine pereche, situate la nivelul *polului superior* al fiecărui rinichi. Au formă conică şi sunt învelite de o capsulă fibroasă şi de ţesut adipos. Suprarenalele sunt formaţiuni glandulare complexe, formate din două porţiuni distincte din punct de vedere embriologic, structural şi funcţional: ***corticosuprarenala*** (cortexul adrenal) dispusă la periferie şi ***medulosuprarenala***, dispusă central.

CORTICOSUPRARENALA

Corticosuprarenala sintetizează numeroşi hormoni, numiţi **hormoni cortico-steroizi,** utilizând ca materie primă *colesterolul*.

Structural, corticosuprarenala este alcătuită din 3 zone distincte:

Zona glomerulară, situată la exterior, este formată din celule de mici dimensiuni, dispuse în grămezi înconjurate de capilare sanguine, care secretă *hormoni mineralocorticoizi*.
Zona fasciculată este cea mai voluminoasă, reprezentând 70 -80% din cortexul adrenal. Este formată din celule poliedrice, dispuse în coloane paralele şi anastomozate între ele. Celulele sale secretă *hormoni glucocorticoizi*.
Zona reticulată, situată profund, este formată din celule dispuse în reţea, care secretă *hormoni sexoizi*: hormoni adrogeni şi mici cantităţi de estrogeni.

Hormonii mineralocorticoizi intervin în reglarea concentraţiei de minerale din lichidele extracelulare, în special a celei de Na^+ şi K^+. *Aldosteronul* este cel mai activ dintre hormonii mineralocorticoizi, fiind responsabil de peste 95% din efectele acestora. El reduce eliminarea de Na^+ din organism, prin creşterea reabsorbţiei sale din sudoare, salivă, sucul gastric şi de la nivel renal. Secreţia de aldosteron este stimulată de creşterea concentraţiei sanguine de K^+, scăderea nivelului sanguin de Na^+ şi scăderea volumului şi a presiunii sanguine. Situaţiile inverse inhibă secreţia de aldosteron. Cel mai important reglator al secreţiei de aldosteron este *sistemul renină-angiotensină*. Celule specializate din *aparatul juxtaglomerular* de la nivelul rinichiului sunt activate atunci când presiunea sanguină (sau volumul sângelui) scade sau osmolaritatea plasmei se reduce. Ca urmare, ele încep să secrete în sânge *renină,* care descompune o

proteină plasmatică numită *angiotensinogen* până la *angiotensină II*, un puternc stimulator al secreției de aldosteron (Fig. 5.10).

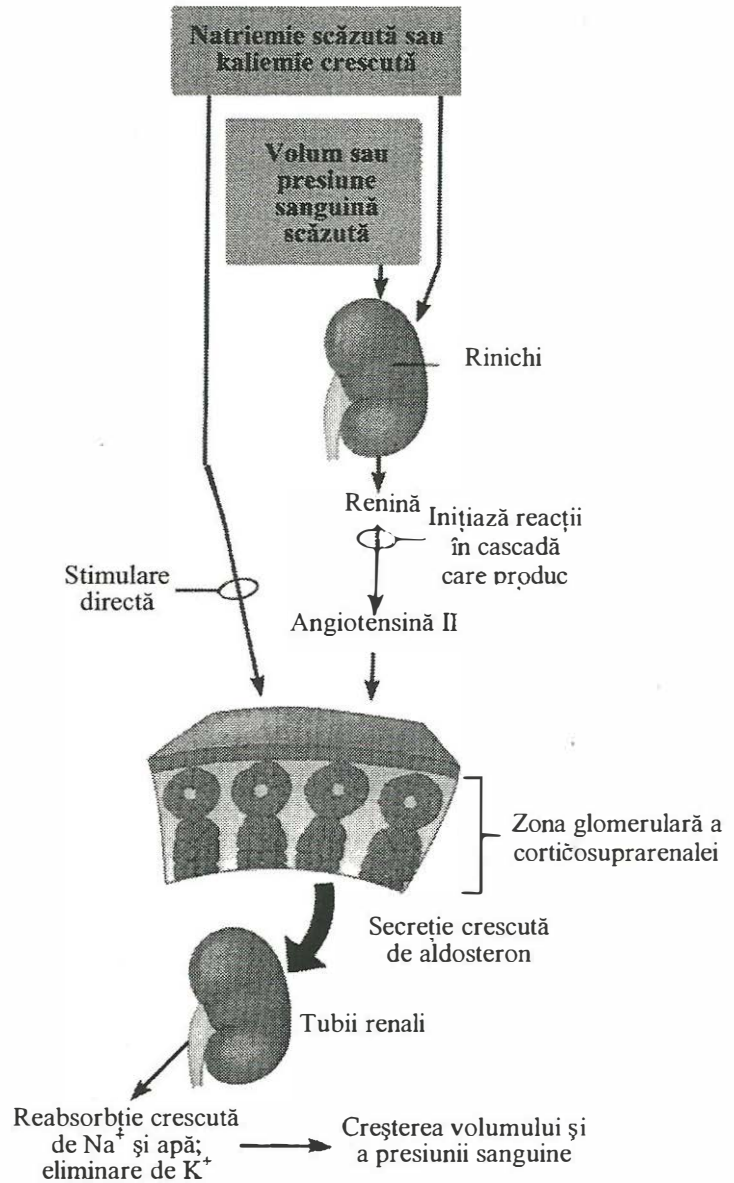


Figura 5.10. Mecanismele care controlează secreția de aldosteron. Natriemie – concentrația plasmatică de Na^+; Kaliemie – concentrația plasmatică de K^+; (adaptat după Marieb, 1998).

Hormonii glucocorticoizi influențează metabolismul majorității celulelor și ajută organismul să facă față diferiților factori stresanți. *Ei sunt esențiali pentru supraviețuire.*

În condiții normale, glucocorticoizii ajută organismul să se adapteze la un aport intermitent de hrană, prin menținerea relativ constantă a glicemiei. Cresc lipemia prin stimularea catabolismului lipidic, cresc catabolismul proteic cu creșterea consecutivă a eliminării renale de azot și *au efect antiinflamator,* prin scăderea răspunsului celular și inducerea sintezei de anticorpi.

În condiții stresante, cum ar fi o hemoragie sau o traumă fizică ori emoțională, crește nivelul de glucocorticoizi. Dintre hormonii glucocorticiozi fac parte *cortizolul*, *cortizonul* și *corticosteronul*, dar numai cortizolul este secretat în cantități semnificative la om.

Secreția de glucocorticoizi este reglată prin mecanisme de feed-back negativ. Eliberarea de cortizol este controlată de ACTH, care la rândul său este controlat de CRH produs în hipotalamus. Nivelele crescute de cortizol inhibă secreția de CRH, ceea ce determină scăderea secreției de ACTH și consecutiv de cortizol. Secreția de cortizol urmează un *ritm circadian*, fiind maximă dimineața și minimă seara.

Hipersecreția de hormoni glucocorticoizi inițiată de o secreție crescută de ACTH determină ***sindromul Cushing***. Simptomele sunt: hiperglicemie persistentă, scăderi ale masei musculare și osoase, retenție de apă și săruri cu hipertensiune arterială și edeme. Caracteristice sunt fața rotundă în formă de lună, redistribuirea țesutului adipos pe abdomen și pe ceafă, vindecarea întârziată a rănilor. Din cauza efectului antiinflamator puternic exercitat de glucocorticoizi, infecțiile pot fi mascate în etapele inițiale.

Hormonii sexoizi produși de corticosuprarenală sunt în principal *hormoni sexuali masculini*, secretați sub formă de ***androsteron*** care este ulterior transformat în forme active, cum ar fi *testosteronul* sau *dihidrotestosteronul*. Corticosuprarenala secretă și cantități mici de *hormoni sexuali feminini*.

Cantitățile de hormoni sexuali produși de corticosuprarenală sunt nesemnificative, comparativ cu cele produse de gonade. Deoarece nivelul acestor hormoni crește între 7 și 13 ani atât la băieți cât și la fete, se consideră

că ei ar contribui la *debutul pubertății* și apariția caracterelor sexuale secundare. La femeile adulte, hormonii sexuali masculini sunt responsabili pentru apetitul sexual (libido). După menopauză sunt transformați în hormoni estrogeni, atunci când ovarele nu îi mai sintetizează. Controlul secreției lor nu este complet înțeles.

Hipersecreția de hormoni sexoizi produce *masculinizarea (virilizarea)*. La bărbați, efectul este mascat de testosteronul produs de testicule. La femei apar însă fenomene de masculinizare, cum ar fi: pilozitate facială și un model masculin de distribuție a părului la nivelul corpului.

MEDULOSUPRARENALA

Medulosuprarenala este situată în partea centrală a glandelor suprarenale. Celulele medulosuprarenalei se numesc *feocromocite* și sunt neuroni simpatici postganglionari modificați. Feocromocitele secretă ***catecolamine***: adrenalina 80%, noradrenalina 20% și dopamina. Catecolaminele pregătesc (ca și sistemul nervos simpatic) organismul pentru comportamentul de "fugă și luptă", prin stimularea la nivel hepatic a glicogenolizei, cu creșterea consecutivă glicemiei, constricția vaselor de sânge periferice, creșterea frecvenței cardiace și redirecționarea sângelui către creier, inimă și mușchii scheletici. Sistemul vegetativ simpatic împreună cu medulosuprarenala formează ***sistemul simpato-adrenal*** (Fig. 5.11).

PANCREASUL

Pancreasul, glandă anexă a tubului digestiv, este situat în cavitatea abdominală, cuprins în potcoava duodenală. Este format din cap, corp și coadă. Este o *glandă mixtă*, exocrină și endocrină. *Pancreasul exocrin* este format din *acini pancreatici* care secretă sucul pancreatic pe care, prin canale excretoare, îl varsă în duoden. ***Pancreasul endocrin*** reprezintă doar 1-2% din greutatea organului și este format din mici insule de celule endocrine, înconjurate de capilare, numite *insulele Langerhans*. Acestea sunt dispuse cu precădere la nivelul capului și corpului pancreasului. Insulele Langerhans conțin mai multe tipuri celulare, dintre care cele mai numeroase sunt *celulele beta* (70-80%) și *celulele alfa* (15-20%).

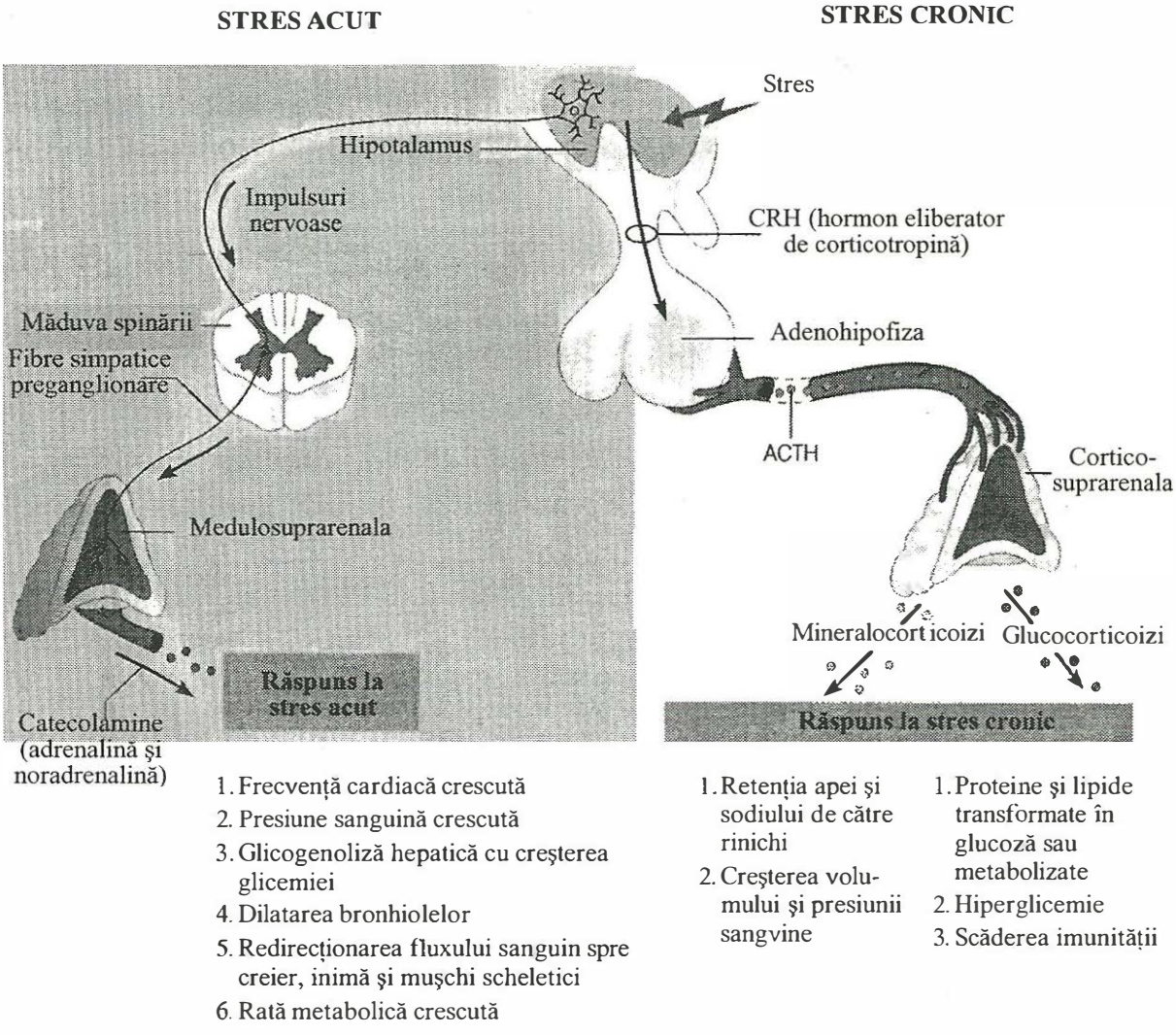


Figura 5.11. Stresul şi glanda suprarenală. Prin intermediul hipotalamusului, factorii stresanţi activează medulosuprarenala pe cale nervoasă şi corticosuprarenala pe cale hormonală. **A**. Medulosuprarenala mediază răspunsul la stresul acut prin secreţia de adrenalină şi noradrenalină. **B**. Corticosuprarenala mediază răspunsul la stresul cronic prin secretarea hormonilor glucocorticoizi şi mineralocorticoizi (după Marieb, 1998).

Insulina este secretată de *celulele beta* din insulele Langerhans. Este un hormon *hipoglicemiant,* prin stimularea intrării glucozei în celule sau depozitarea ei în ficat sub formă de glicogen (glicogenogeneză) sau lipide (lipogeneză). De asemenea, are efecte anabolizante prin creşterea sintezei proteice. Celulele beta sunt stimulate în condiţii de hiperglicemie sau atunci când cresc nivele plasmatice de aminoacizi şi acizi graşi.

Hiposecreția de insulină determină ***diabetul zaharat,*** care se manifestă prin prezența în urină a glucozei (glucozurie), creşterea concentrației de corpi cetonici (produşi de metabolism ai lipidelor) în sânge şi urină (cetonurie), poliurie (eliminare unui volum mare de urină ceea ce duce la scăderea volumului sanguin şi deshidratare), polifagie (poftă de mâncare exagerată) şi polidipsie (sete exagerată).

Glucagonul este secretat de *celulele alfa* ale insulelor Langerhans. Este un hormon *hiperglicemiant,* care stimulează glicogenoliza hepatică (descompunerea glicogenului) şi gluconeogeneza (sinteza de glucoză din precursori proteici sau lipidici), scade sinteza hepatică de acizi graşi şi intensifică lipoliza în țesutul adipos. Secreția sa este controlată de nivelul glicemiei (hipoglicemia determină stimularea sintezei) (Fig. 5.12).

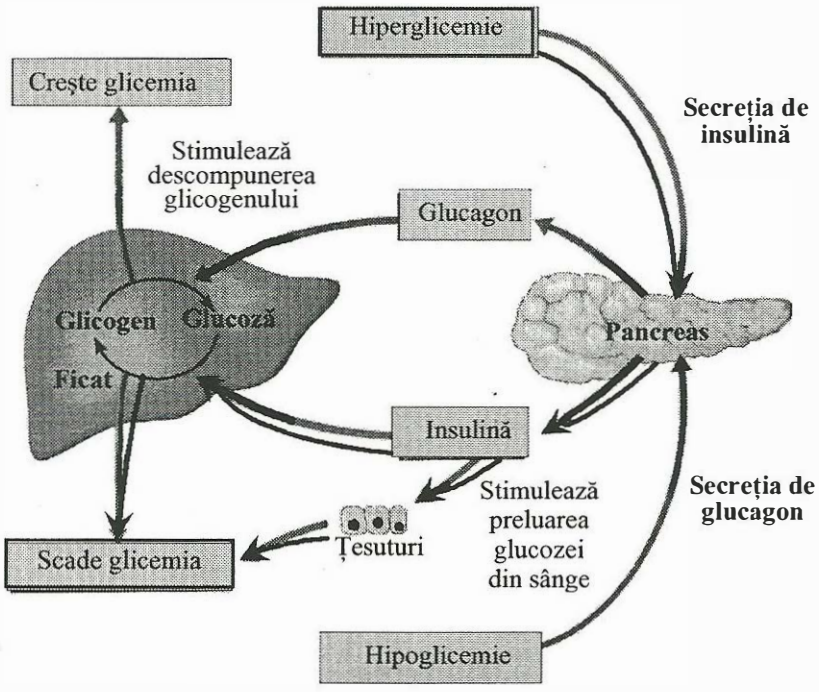


Figura 5.12. Reglarea glicemiei de către insulină şi glucagon. Dacă glicemia este crescută, pancreasul secretă insulină. Insulina stimulează preluarea de glucoză în celule şi sinteza de glicogen în ficat. Glucagonul, eliberat în condiții de hipoglicemie, stimulează descompunerea glicogenului şi creşterea concentrației de glucoză în sânge (după Marieb, 1998).

GONADELE

Gonada masculină (testicului) şi gonada feminină (ovarul) produc *hormoni sexuali*, asemănători cu cei secretaţi de corticosuprarenală, dar în cantităţi mai mari.

Ovarele secretă hormoni sexuali feminini: estrogenii şi progesteronul.

Hormonii estrogeni determină dezvoltarea organelor sexuale feminine şi apariţia caracterelor sexuale secundare (dezvoltarea glandelor mamare, dispunerea caracteristică a ţesutului adipos pe abdomen şi coapse).

Progesteronul este secretat de corpul galben (din a 14-a până în a 28-a zi a ciclului menstrual) sau în timpul sarcinii (corpul galben de sarcină). Progesteronul pregăteşte mucoasa uterină pentru *nidaţie* (fixarea ovulului fecundat), scade sensibilitatea la ocitocină a muşchiului uterin, stimulează epiteliul secretor al glandei mamare şi determină o creştere a temperaturii bazale cu 0,5°C, care coincide cu momentul ovulaţiei.

Testiculele secretă ***testosteronul*** la nivelul *celulelor insterstiţiale Leydig*. În timpul pubertăţii, acesta iniţiază maturarea organelor sexuale masculine şi determină apariţia caracterelor sexuale secundare (îngroşarea vocii, creşterea masei musculare, dezvoltarea pilozităţii faciale şi corporale). De asemenea, testosteronul este esenţial pentru producerea spermei şi funcţionarea normală a testiculelor la adult (vezi şi sistemul genital).

Secreţia de hormoni sexuali masculini şi feminini la nivelul gonadelor este controlată de către adenohipofiză, prin *hormonii gonadotropi* FSH şi LH.
LH-ul, la sexul masculin, este cunoscut ca hormonul stimulator al celulelor interstiţiale (ICSH- interstitial cell-stimulating hormone). Secreţia de hormoni gonadotropi adenohipofizari este controlată de hipotalamus, prin GnRH.

CAPITOLUL VI. **SISTEMUL CARDIO-VASCULAR**

Într-un organism pluricelular, majoritatea celulelor sunt imobilizate la nivelul țesuturilor, nefiind capabile să își procure substanțele organice și oxigenul necesare supraviețuirii din mediul extern sau să își elimine produșii de metabolism. Pentru realizarea acestor funcții de bază, s-a dezvoltat pe parcursul evoluției, un sistem complex de transport reprezentat de o *rețea de tuburi (vase de sânge)* distribuite în tot organismul, prin care circulă *sângele* pompat de *inimă*. In timpul circulației sale, sângele primește și distribuie numerose substanțe, conectând diferitele părți componente ale organismului.

INIMA

Organul central al sistemului cardio-vascular este inima, o "pompă" musculară, care realizează în cursul vieții unui om o performanță remarcabilă: în fiecare minut, inima recirculă întreg volumul de sânge din organism, ceea ce înseamnă aproximativ 5 litri de sânge. In timpul vieții unei persoane care trăiește 70 de ani inima se contractă de aproximativ 2,5 milioane de ori și pompează în circulație 200 de milioane de litri de sânge.

LOCALIZARE ŞI RAPORTURI

Inima este situată în regiunea mediană a cutiei toracice numită *mediastin*. Este dispusă posterior de stern, între cei doi plămâni care o acoperă parțial și deasupra mușchiului diafragm (Fig. 6.1). Inima este învelită într-un sac fibro-seros dublu, numit ***pericard***, care îi asigură protecția și o ancorează prin ligamente de organele din jur. Pericardul este format din două straturi: *pericardul fibros* (stratul extern) și *pericardul seros*, format la rândul său din două foițe: foița parietală și viscerală (*epicard*). Intre cele două foițe ale pericardului seros se află *cavitatea pericardică*, la nivelul căreia se găsește o cantitate infimă de lichid care asigură, cu frecare minimă, mișcarea liberă a inimii în timpul activității sale.

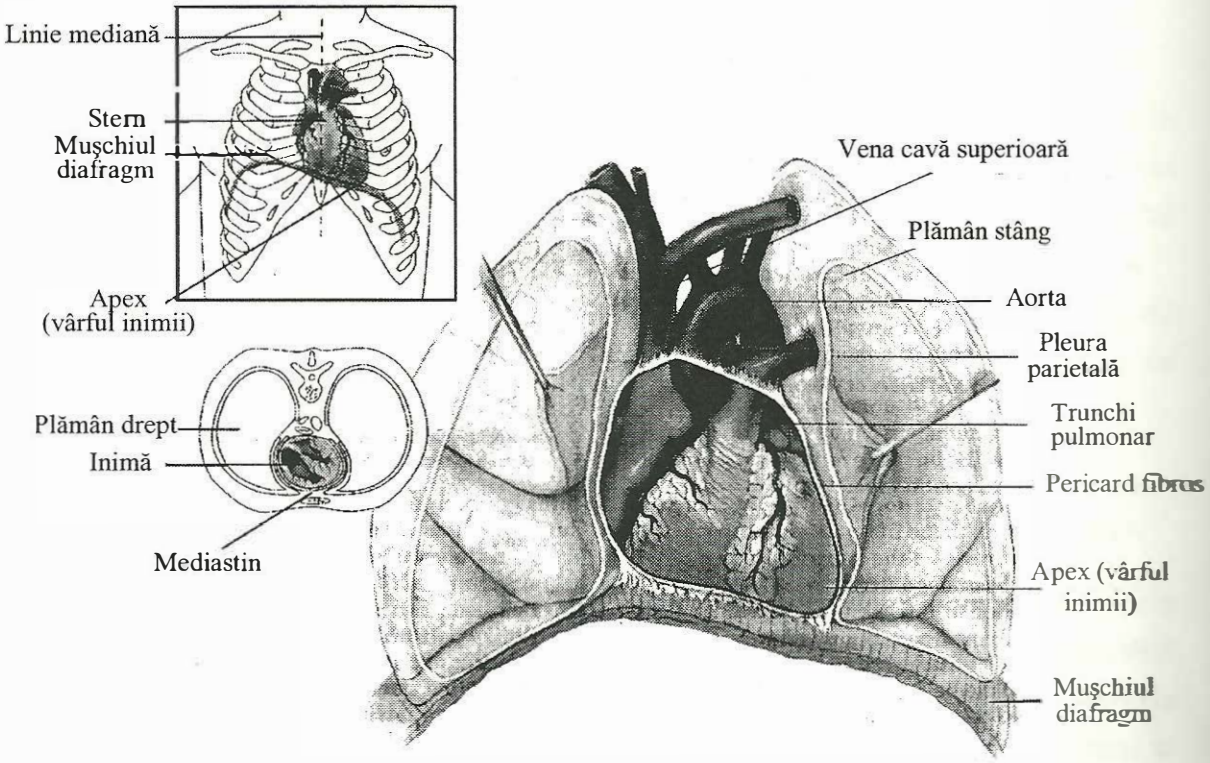


Figura 6.1. Morfologia externă a inimii, localizare şi raporturi (după Marieb, 1998).

MORFOLOGIA EXTERNĂ A INIMII

Inima are formă de con şi prezintă o bază, un vârf şi două feţe. *Baza* este situată superior şi spre dreapta şi la nivelul ei se află vasele mari de sânge care vin şi pleacă de la inimă. *Vârful* este situat inferior şi spre stânga şi este format în totalitate din ventriculul stâng. *Feţele* inimii sunt: *faţa anterioară* sau *sternocostală* şi *faţa posteroinferioară* sau *diafragmatică*. Pe cele două feţe ale inimii se observă şanţuri care corespund în interior septurilor ce delimitează cavităţile inimii: *şanţul atrio-ventricular* sau *coronar* înconjoară inima a limita dintre atrii şi ventricule, iar *şanţul interventricular* (anterior şi posterior) este situat la limita dintre ventricule. La nivelul şanţurilor se dispun arterele şi venele inimii.

MORFOLOGIA INTERNĂ A INIMII

Inima la om, ca şi la celelalte mamifere, prezintă în interior patru cavităţi, două **atrii** (superior) şi două **ventricule** (inferior), delimitate între ele prin septuri:

- *septul longitudinal* format din *septul interatrial* şi *interventricular* împarte inima în două jumătăţi: jumătatea dreaptă şi jumătatea stângă, care nu comunică între ele
- *septul transversal* sau *atrio-ventricular*, drept şi stâng, care prin orificiile atrio-ventriculare prevăzute cu *valvele atrio-ventriculare*, permite comunicarea atriului şi ventriculului de aceiaşi parte.

Atriile sunt cavităţi cu volum mai mic şi pereţi mai subţiri decât ai ventriculelor şi fiecare prezintă o prelungire în fund de sac, numită *auricul*. Atriile sunt din punct de vedere funcţional "**staţii de primire**" ale sângelui din sistemul vascular, prin **vene**.

Ventriculele au pereţii mai groşi decât ai atriilor, iar pe faţa lor internă prezintă coloane musculare, unele cu aspect conic, numite *muşchi papilari*.Ventriculele sunt din punct de vedere funcţional "**staţii de pompare**" ale sângelui în sistemul vascular, prin **artere**.
Arterele care pleacă din ventricule prezintă la baza lor câte trei *valvule semilunare* (sigmoide). Valvele de la nivelul orificiilor atrio-ventriculare şi valvulele semilunare se deschid şi se închid ca nişte supape, în funcţie de presiunea sângelui exercitată de o parte şi de alta a lor. Ele formează ***aparatul valvular al inimii*** şi determina sensul de circulaţie al sângelui prin inimă într-o *singură direcţie*: din atrii în ventricule şi din ventricule în artere.

!! Inima este împărţită prin septul longitudinal în două jumătăţi, dreaptă şi stângă, care *nu comunică* între ele. Jumătatea dreaptă, formată din atriul şi ventriculul drept, conţine sânge neoxigenat, iar jumătatea stângă, formată din atriul şi ventriculul stâng, conţine sânge oxigenat.

Atriul drept primeşte sânge neoxigenat prin:

- *vena cavă superioară* aduce sângele din partea superioară, supradiafragmatică a corpului (cap, gât, torace şi membre superioare)

- *vena cavă inferioară* aduce sângele din partea inferioară, subdiafragmatică a corpului (abdomen şi membre inferioare)
- *sinusul coronar* colectează sângele venos din pereții inimii.

Ventriculul drept - sângele din atriul drept trece în ventriculul drept prin orificiul atrio-ventricular drept, prevăzut cu *valva tricuspidă*, formată din trei *cuspide* sau valvule. Vârful acestora se inseră prin *corzi tendinoase* de muşchii papilari, iar baza lor pe circumferința orificiului atrio-venticular.
Din ventriculul drept pleacă *trunchiul arterei pulmonare,* care transportă sângele neoxigenat la plămâni. Trunchiul pulmonar este prevăzut la bază cu valvule semilunare, care împiedică întoarcerea sângelui în ventricul.

Atriul stâng primeşte sânge oxigenat de la plămâni prin *patru vene pulmonare*, două de la fiecare plămân, care se deschid în atriu prin orificii proprii.

Ventriculul stâng - sângele din atriul stâng trece în ventriculul stâng prin orificiul atrio-ventricular stâng, prevăzut cu *valva bicuspidă (mitrală)* formată din două cuspide, cu alcătuire şi rol similar cu cel al valvei tricuspide. Sângele *pleacă* din ventriculul stâng prin *artera aortă*, cel mai mare vas de sânge al corpului, care prin numeroasele sale ramificații asigură vascularizația tuturor organelor şi țesuturilor (Fig. 6.2).

STRUCTURA PERETELUI INIMII

Peretele inimii este format din trei straturi concentrice: epicard, miocard şi endocard.

Epicardul (foița viscerală a pericardului seros) înveleşte inima la suprafață.

Miocardul sau **muşchiul cardiac** constituie cea mai mare parte a peretelui inimii. Este format din *celule musculare striate de tip cardiac* numite ***celule miocardice***. Din punct de vedere structural şi funcțional acestea sunt de două tipuri: celule miocardice de tip contractil şi celule miocardice de tip necontractil.

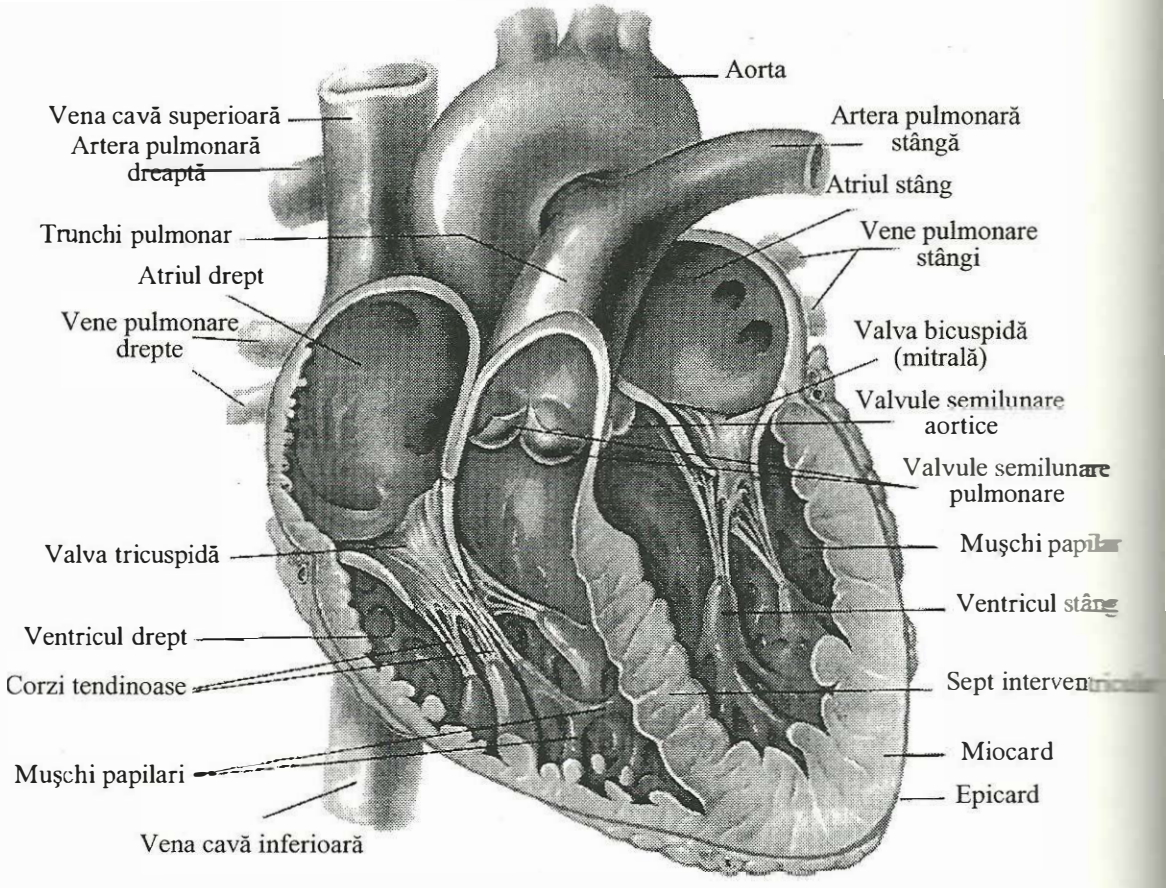


Figura 6.2. Morfologia internă a inimii (secțiune longitudinală) (după Marieb, 1998).

Celulele miocardice de tip contractil sunt cele mai numeroase şi formează pereții atriali şi ventriculari. Ele au formă cilindrică şi sunt dispuse în rețea, fiind unite prin extremitățile lor la nivelul *discurilor intercalare,* cu traiect în zig-zag. La nivelul acestora se găseşte un tip special de joncțiune intercelulară (joncțiune gap) care permite libera circulație a ionilor şi respectiv transmiterea rapidă a potențialelor de acțiune de la o celulă la alta. Fiecare celulă miocardică prezintă un nucleu situat central şi sarcoplasmă bogată în glicogen şi picături de lipide. Miofibrilele sunt dispuse paralel, în mănunchiuri şi între ele se găsesc de zece ori mai multe mitocondrii decât în fibra musculară scheletică (Fig. 6.3). Celulele miocardice contractile formează *fascicule musculare,* cu dispoziție *circulară* în atrii şi *oblic spiralată* în ventricule.

Musculatura atrială este independentă de cea ventriculară, fiind despărțite prin formațiuni fibroase, care alcătuiesc ***scheletul fibros al inimii***. Acesta este constituit din *4 inele fibroase*, două care mărginesc orificiile atrio-ventriculare

şi două situate la baza aortei şi a trunchiului pulmonar. Astfel, contracţia atriilor este independentă de cea a ventriculelor. Singura legătură între miocardul atrial şi cel ventricular o constituie fasciculul atrio-ventriculat His, care aparţine ţesutului excito-conductor.

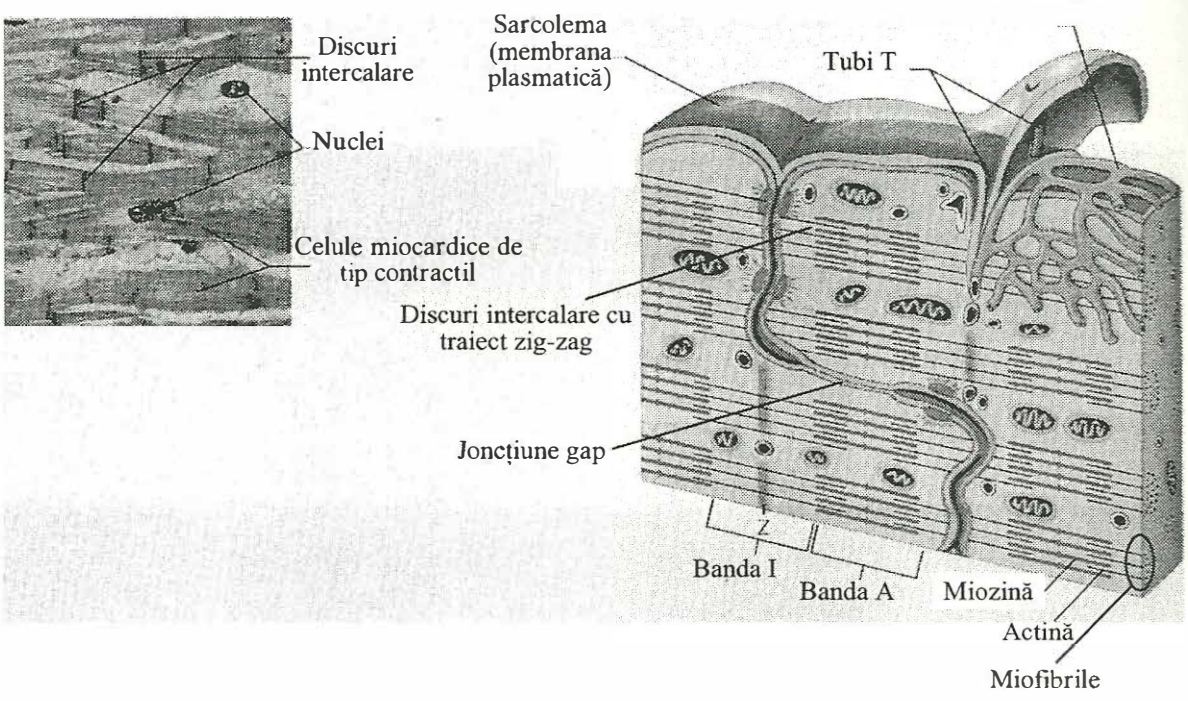


Figura 6.3. Structura miocardului (după Marieb, 1998).

Celulele miocardice de tip necontractil reprezintă 1% din întreg miocardul şi formează ***ţesutul excito-conductor*** al inimii. Acestea sunt *autoexcitabile*, specializate în generarea şi conducerea stimulilor contractili, asigurând **automatismul cardiac**. Celule miocardice necontractile au dimensiuni mai mici şi sunt alungite sau ramificate. Ele prezintă 1-2 nuclei şi o sarcoplasmă bogată care conţine mari cantităţi de glicogen. Miofibrilele sunt mai subţiri şi au o dispoziţie neregulată. Mitocondriile sunt mult mai puţin numeroase, iar reticulul endoplasmic este redus. Celulele sunt grupate sub formă de noduli, fascicule şi reţele (Fig. 6.4).

- *Nodulul sinoatrial* este situat în peretele atriului drept, lângă orificiul de vărsare al venei cave superioare.

- *Nodulul atrio-ventricular* este situat în partea inferioară a septului interatrial.
- *Fasciculul atrio-ventricular His* pleacă de la nivelul nodulului atrio-ventricular, coboară prin septul interventricular şi după un scurt traiect se împarte în două ramuri, dreaptă şi stângă, care îşi continuă ramificarea formând *reţeaua Purkinje.* Aceasta se distribuie subendocardic în pereţii ventriculilor, la nivelul celulelor miocardului contractil.

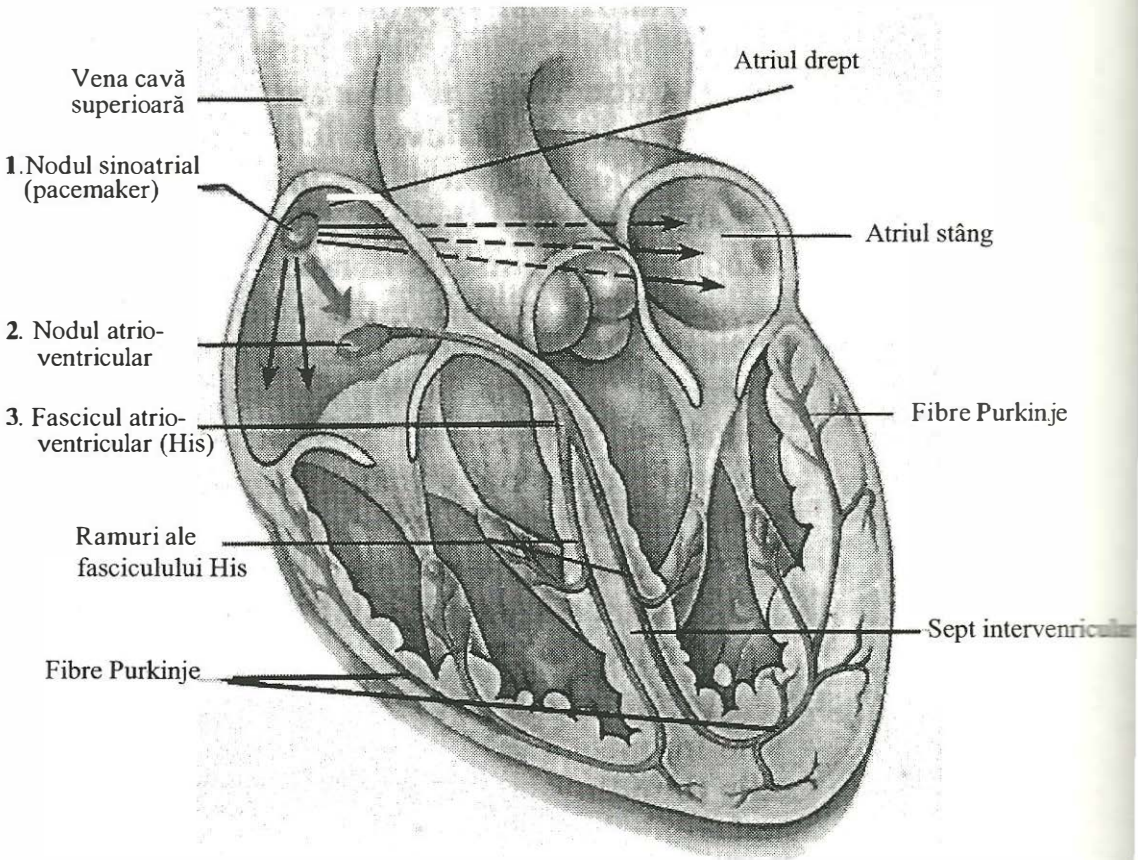


Figura 6.4. Sistemul excito-conductor. Unda de depolarizare este iniţiată de nodulul sinoatrial şi apoi este transmisă prin miocardul atrial, nodulul atrio-ventricular, fasciculul His şi reţeaua Purkinje la miocardul ventricular (după Marieb, 1998).

Endocardul căptuşeşte cavităţile inimii şi se continuă cu tunica internă a vaselor de sânge care vin şi pleacă de la inimă.

VASCULARIZAȚIA INIMII (CIRCULAȚIA CORONARĂ)

Vascularizația arterială este asigurată de *arterele coronare*, ramuri directe din porțiunea ascendentă a arterei aorte. Ele se dispun la nivelul *șanțului coronar* și se ramifică progresiv, pătrunzând în miocard.

Din *artera coronară dreaptă* se formează *artera marginală* și *artera interventriculară posterioară*.

Artera coronară stângă se dispune în jumătatea stângă a șanțului coronar și se ramifică, formând *artera circumflexă* și *artera interventriculară anterioară*

Ramificațiile arterelor coronare sunt de *tip terminal*, reprezentând sursa unică de vascularizație arterială a unui teritoriu de miocard. Sângele oxigenat și încărcat cu substanțe nutritive din arterele coronare și ramurile lor se distribuie printr-o rețea vastă de capilare (aproximativ 2500 – 4000/mm^3 de țesut) la nivelul celulelor miocardice.

Sângele venos al inimii este colectat de *venele cardiace*: mare, mijlocie și mică. Acestea se unesc pe fața diafragmatică a inimii în *sinusul coronar,* care se deschide în atriul drept.

INERVAȚIA INIMII

Ritmul cardiac de bază este asigurat de *sistemul excito-conductor* care asigură ***inervația intrinsecă*** a inimii. Sistemul nervos vegetativ, prin fibrele simpatice și parasimpatice, asigură ***inervația extrinsecă*** a inimii, modificând activitatea sistemului intrinsec în funcție de necesitățile organismului.

Inervația extrinsecă. *Fibrele simpatice* intră în alcătuirea *nervilor cardiaci superior*, *mijlociu* și *inferior*. Aceştia sunt formați din fibre postganglionare simpatice provenite din ganglionii latero-vertebrali cervicali și toracali superiori. Fibrele simpatice se distribuie cu precădere musculaturii atriale și ventriculare, vaselor coronare și în mai mică măsură nodulilor sinoatrial și atrio-ventricular.

Fibrele parasimpatice provin din *nervii vagi*. Sunt fibre preganglionare cu origine în nucleul dorsal al vagului din bulb (centrul cardioinhibitor). Ele fac sinapsă cu celule ganglionare din pereții inimii (intramurali). Fibrele postganglionare scurte se distribuie cu precădere nodulilor sistemului excito-conductor.

Cele două tipuri de fibre vegetative formează *plexul cardiac* şi au *efecte antagonice* asupra activităţii cardiace.

Fibrele simpatice (prin noradrenalină) au rol *stimulator*. Ele determină accelerarea frecvenţei cardiace, creşterea forţei de contracţie a inimii şi vasodilataţia arterelor coronare.

Fibrele parasimpatice (prin acetilcolină) au rol *inhibitor*. Ele determină reducerea frecvenţei cardiace şi scăderea forţei de contracţie a inimii.

În acest fel, activitatea cardiacă este influenţată de echilibrul dintre acţiunile antagoniste simpatice şi parasimpatice, care se exercită asupra sistemului excito-conductor.

Inervaţia intrinsecă a inimii este asigurată de *sistemul excito-conductor*. Acesta este capabil să genereze *în mod spontan* potenţiale de acţiune, care se distribuie la fibrele miocardice de tip contractil, reprezentând pentru acestea adevăraţi stimuli electrici. Consecutiv, fibrele miocardice se depolarizează şi transmit foarte rapid această stare şi celorlalte fibre, prin intermediul joncţiunilor gap existente între ele la nivelul discurilor intercalare. Această comunicare rapidă între fibrele miocardice de tip contractil, permite ca miocardul să se contracte unitar şi într-o manieră secvenţială de la atrii la ventricule.

Nodulul sinoatrial generează potenţiale de acţiune cu o frecvenţă de 75 impulsuri/minut. Acesta este şi ritmul normal de funcţionare al inimii, numit şi *ritm sinusal*. Nodulul sinoatrial este numit şi ***nodul pacemaker*** (inductor de ritm).

De la nodulul sinoatrial, potenţialele de acţiune se răspândesc prin joncţiunile gap în toată masa atrială şi ajung la nodulul atrio-ventricular. La nivelul acestuia, impulsul întârzie cu aproximativ 0,1 s, permiţând atriilor să îşi termine contracţia, înainte ca ventriculele să intre în sistolă. După ce trec de nodulul atrio-ventricular, impulsurile se răspândesc rapid prin celelalte componente ale ţesutului excito-conductor şi apoi la toate celulele miocardului ventricular..

SISTEMUL VASCULAR

Sistemul vascular este format dintr-un *sistem închis* de conducte (vase) prin care sângele circulă de la inimă la țesuturi şi înapoi la inimă. Vasele sanguine sunt de trei tipuri: artere, capilare şi vene (Fig. 6.5).

Arterele sunt vase care transportă sângele de la inimă spre rețeaua de capilare de la nivelul țesuturilor (sunt vase care *pleacă* de la inimă). Calibrul lor descreşte de la inimă spre periferie, pe măsură ce se ramifică. Astfel, arterele pot fi: artere mari, mijlocii şi mici (arteriole). Arteriolele se continuă cu capilarele.

Capilarele sunt vase de calibru foarte mic şi cu perete subțire, care fac legătura între circulația arterială şi cea venoasă. La nivelul lor au loc schimburile de gaze şi substanțe între sânge şi lichidul interstițial dintre celule.

Venele sunt vasele care transportă sângele de la rețeaua de capilare din țesuturi spre inimă (sunt vase care *vin* la inimă). Calibrul lor creşte de la periferie spre inimă. Astfel, cele mai mici vene se numesc *venule* şi adună sângele din rețeaua de capilare, constituind originea sistemului venos. Ele se continuă cu vene mijlocii care confluează, formând în final venele mari, prin care sângele se întoarce la inimă.

STRUCTURA PERETELUI VASCULAR

Pereții arterelor şi ai venelor au o structură unitară, fiind formați din trei tunici sau straturi concentrice, care delimitează *lumenul vascular*. În funcție de tipul vasului sanguin, tunicile prezintă unele particularități structurale (Fig.6.5).

Tunica internă (intima) se continuă neîntrerupt de la nivelul inimii (endocard) pe fața luminală a arterelor, capilarelor şi a venelor. Este reprezentată de un epiteliu scvamos simplu, numit *endoteliu*. Acesta este format dintr-un singur rând de celule turtite, de formă rotundă sau poligonală, dispuse pe o membrană bazală. În vasele de sânge cu diametre mai mari de 1 mm, tunica internă cuprinde şi un *strat subendotelial*, format din țesut conjunctiv lax.

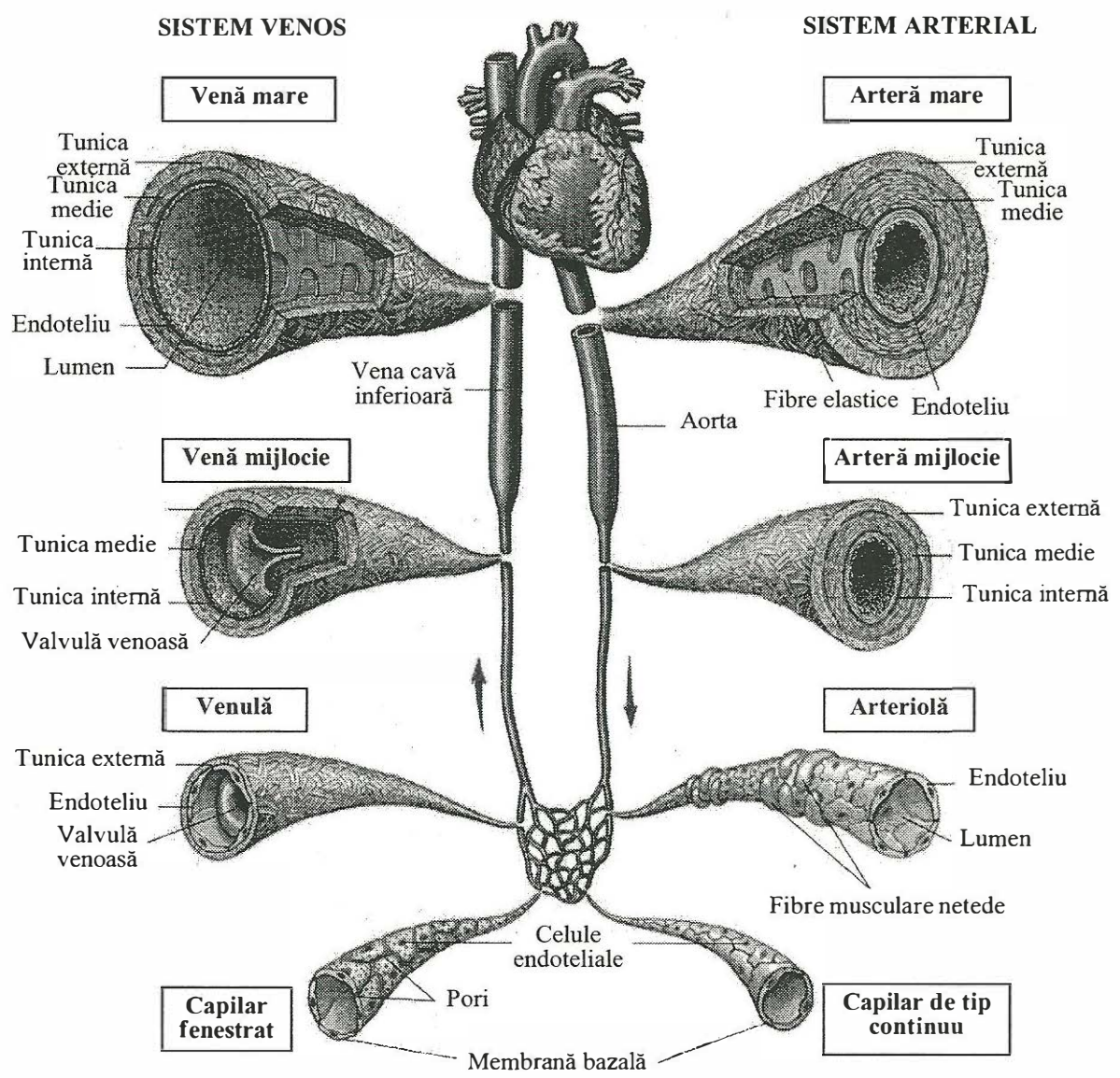


Figura 6.5. Structura peretelui vascular (după Van De Graaff, 2000).

La nivelul *venelor mici* şi *mijlocii* situate sub nivelul inimii, unde sângele circulă în sens opus gravitației, intima prezintă *valvule venoase* (în cuib de rândunică) care fragmentează coloana sanguină şi uşurează întoarcerea venoasă.

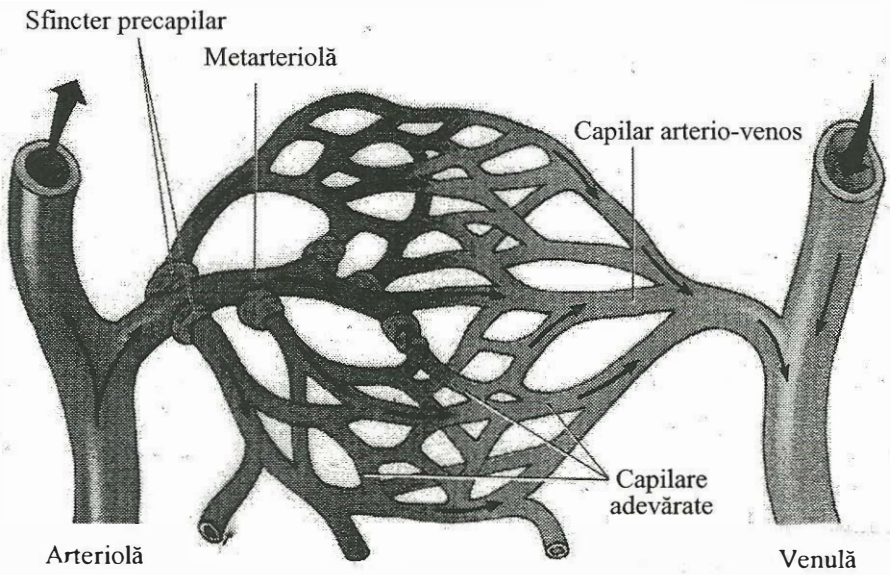
Tunica mijlocie (media) este formată din fibre musculare netede dispuse circular sau longitudinal şi din fibre conjunctive elastice. Activitatea fibrelor musculare netede din pereții vasculari este reglată predominant de fibre nervoase vasomotorii simpatice. În funcție de necesitățile organismului, fibrele nervoase pot determina *vasoconstricția* (micşorarea lumenului prin contracția

fibrelor musculare) sau *vasodilatația* (mărirea lumenului prin relaxarea fibrelor musculare).
La nivelul tunicii medii a *arterelor mari* (artera aortă, pulmonară și ramurile lor principale) numite și *artere de tip elastic,* predomină *fibrele elastice*. Arterele mari sunt extensibile și elastice, ceea ce asigură curgerea continuă a sângelui.
În *arterele mijlocii* și *mici* numite și *artere de tip muscular,* tunica medie este groasă, la nivelul ei predominând *fibrele musculare netede.*
Tunica medie a venelor este mai subțire decât a arterelor.

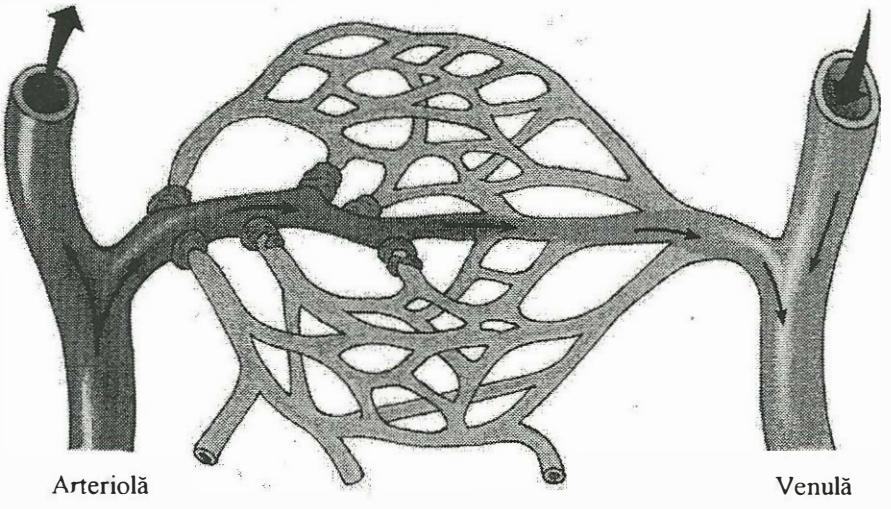
Tunica externă (adventicea) este formată din țesut conjunctiv și ancorează vasele de sânge de organele din jur, având și rol protector. Adventicea este mai subțire în artere și mai groasă în vene. La nivelul ei se găsesc fibre nervoase, vase limfatice și vase proprii de sânge numite *vasa vasorum,* care hrănesc peretele vascular.

CAPILARELE

Capilarele reprezintă *teritoriul vascular cel mai important din punct de vedere funcțional*, deoarece la nivelul lor au loc schimburile de gaze și substanțe nutritive dintre sânge și lichidul interstițial care scaldă celulele.
Capilarele sunt cele mai mici și mai numeroase vase de sânge. Se estimează că în organismul uman sunt de ordinul miliardelor, lungimea lor însumată fiind de aproape 2500 km, iar suprafața totală de schimb, asigurată de pereții lor, este de aproximativ 6200 m^2. Sunt vase de calibru mic, cu diametre cuprinse între 4-30 microni și cu o lungime medie de aproximativ 1 mm.
Capilarele sunt răspândite în toate țesuturile și cu cât un țesut este mai activ metabolic, cu atât numărul lor este mai mare. Astfel, 1 mm^3 de țesut muscular cardiac conține aproximativ 5000 de capilare! Există însă și structuri mai puțin vascularizate, cum ar fi tendoanele și ligamentele, iar în epitelii și cartilaje nu se găsesc capilare. Corneea și cristalinul sunt, de asemenea, avasculare, iar hrănirea lor se face de către umoarea apoasă.
Capilarele formează *rețele capilare* care se interpun între ultimele ramificații ale arteriolelor, numite *metarteriole* și venule. Metarteriolele sunt vase de sânge cu structură intermediară între arteriolă și capilar, peretele lor prezentând un strat muscular discontinuu.



(a) Sfinctere precapilare relaxate



(b) Sfinctere precapilare contractate

Figura 6.6. Capilarele (după Marieb, 1998).

In alcătuirea unei rețele capilare intră două tipuri de vase capilare: capilarul arterio-venos şi capilarele propriu-zise (adevărate).

- *capilarul arterio-venos* este un şunt vascular scurt, o anastomoză arterio-venoasă, care conecteză direct arteriola cu venula, la formarea căruia participă şi metarteriola
- *capilarele propriu-zise*, în număr de 10-100/rețea capilară, iau naştere din ramificarea metarteriolei. Ele se termină fie în capilarul arterio-venos, fie direct în venulă. Capilarele adevărate prezintă, la originea lor din

metarteriolă, un sfincter muscular neted, numit *sfincterul precapilar*, care reglează circulația sângelui în capilar. Prin contracție determină închiderea capilarului, iar prin relaxare deschiderea sa. Sângele dintr-o arteriolă poate lua astfel două căi: fie prin capilarul arterio-venos, fie prin capilarele adevărate. Când sfincterele precapilare sunt relaxate, sângele trece în capilarele adevărate, iar când sunt contractate, sângele trece direct din arteriolă în venulă şi scurtcircuitează capilarele adevărate (Fig.6.6 a, b).

Inervația fibrelor musculare netede din pereții arteriolelor şi ale sfincterelor precapilare este asigurată de *centrii vegetativi vasomotori* din măduva spinării, dar activitatea lor este influențată şi de factori chimici locali.

!! Nu toate capilarele existente la nivelul unui țesut sunt deschise în același timp. Circulația în capilare este adaptată nevoilor metabolice ale țesutului respectiv. De exemplu, atunci când un mușchi scheletic este în repaus, numai o parte din capilarele sale conțin sânge circulant, celelalte fiind închise pe rând, alternativ. În timpul contracției musculare, toate capilarele sunt deschise, asigurând nevoile crescute de oxigen şi glucoză ale mușchiului.

La nivelul capilarelor au loc *schimburile respiratorii şi nutritive* dintre sânge şi lichidul interstițial care scaldă celulele, ele constituind astfel cel *mai important sector funcțional* al sistemului cardio-vascular.

Structura capilarelor este perfect adaptată acestei funcții. Peretele capilarelor, extrem de subțire, de sub 1 micron, este format numai din tunica internă, respectiv din *endoteliu*, ceea ce facilitează traversarea sa de către diferite substanțe.

Tipuri de capilare. În funcție de structura endoteliului, capilarele sunt de trei tipuri: capilare de tip continuu, capilare fenestrate şi capilare sinusoide.

Capilarele de tip continuu sunt cele mai frecvente şi se găsesc în tegument, mușchi, plămâni, țesut adipos şi sistemul nervos central (Fig. 6.5). Celulele endoteliale adiacente sunt interconectate prin joncțiuni intercelulare strânse, dar prezintă rare *fante* sau *canale intercelulare,* care le asigură o oarecare permeabilitate. Capilarele de tip continuu de la nivelul encefalului sunt unice, deoarece nu prezintă fante intercelulare, ele putând fi traversate numai prin difuziune, transport activ, endo- şi exocitoză. Structura particulară a acestor capilare constituie suportul anatomic al barierei hemato-encefalice.

Capilarele fenestrate au structură asemănătoare cu cele de tip continuu, dar endoteliul lor prezintă *pori* sau *fenestre,* ceea ce le face mult mai permeabile. Acest tip de capilare se găsesc în glandele endocrine, epiteliul intestinal şi la nivelul glomerulului vascular din corpusculul renal (Fig. 6.5).

Capilarele sinusoide reprezintă un tip special de capilare care se găsesc numai la nivelul unor glande endocrine, ficatului, măduvei osoase şi a ţesutului limfoid. Ele au calibre mai mari, formă neregulată şi prezintă pori şi frecvente canale intercelulare. Aceste particularităţi structurale permit trecerea prin peretele lor a unor molecule mari, de tipul proteinelor sau chiar a elementelor figurate ale sângelui. La nivelul capilarelor sinusoide din ficat, peretele endotelial este discontinuu şi mărginit de celule macrofage, numite *celulele Kupffer*.

La nivelul capilarelor se găseşte doar o mică cantitate de sânge la un moment dat, de numai *250 ml*, dar schimburile respiratorii şi nutritive sunt favorizate de suprafaţa de schimb enormă, de peretele foarte subţire şi de viteza de curgere foarte lentă a sângelui, de numai 0,5 mm/secundă.

!! În general, o reţea capilară se interpune între o arteriolă şi o venulă, dar există şi excepţii. Astfel, o reţea capilară se poate interpune între *două arteriole* şi formează în acest caz o ***reţea admirabilă***, cum este cazul capilarelor de la nivelul glomerulului vascular din corpusculul renal Malpighi. Când reţeaua capilară se interpune între *două venule* se numeşte ***reţea portă***, cum este cazul capilarelor sinusoide din ficat.

MAREA ŞI MICA CIRCULAŢIE

În urma activităţii cardiace, sângele este distribuit în *două circuite vasculare distincte*, care pornesc şi se termină la nivelul inimii. Acestea constituie ***circulaţia sistemică*** (marea circulaţie) şi ***circulaţia pulmonară*** (mica circulaţie), fiecare formată din vase proprii. Circulaţia pulmonară se numeşte şi "mica" circulaţie deoarece este un circuit sanguin scurt, cuprins între inimă şi plămâni. Circulaţia sistemică se numeşte şi "marea" circulaţie deoarece este un circuit sanguin mult mai lung pe care îl urmează sângele de la inimă la toate organele şi ţesuturile corpului, înainte de a se întoarce din nou la inimă (Fig. 6.7).

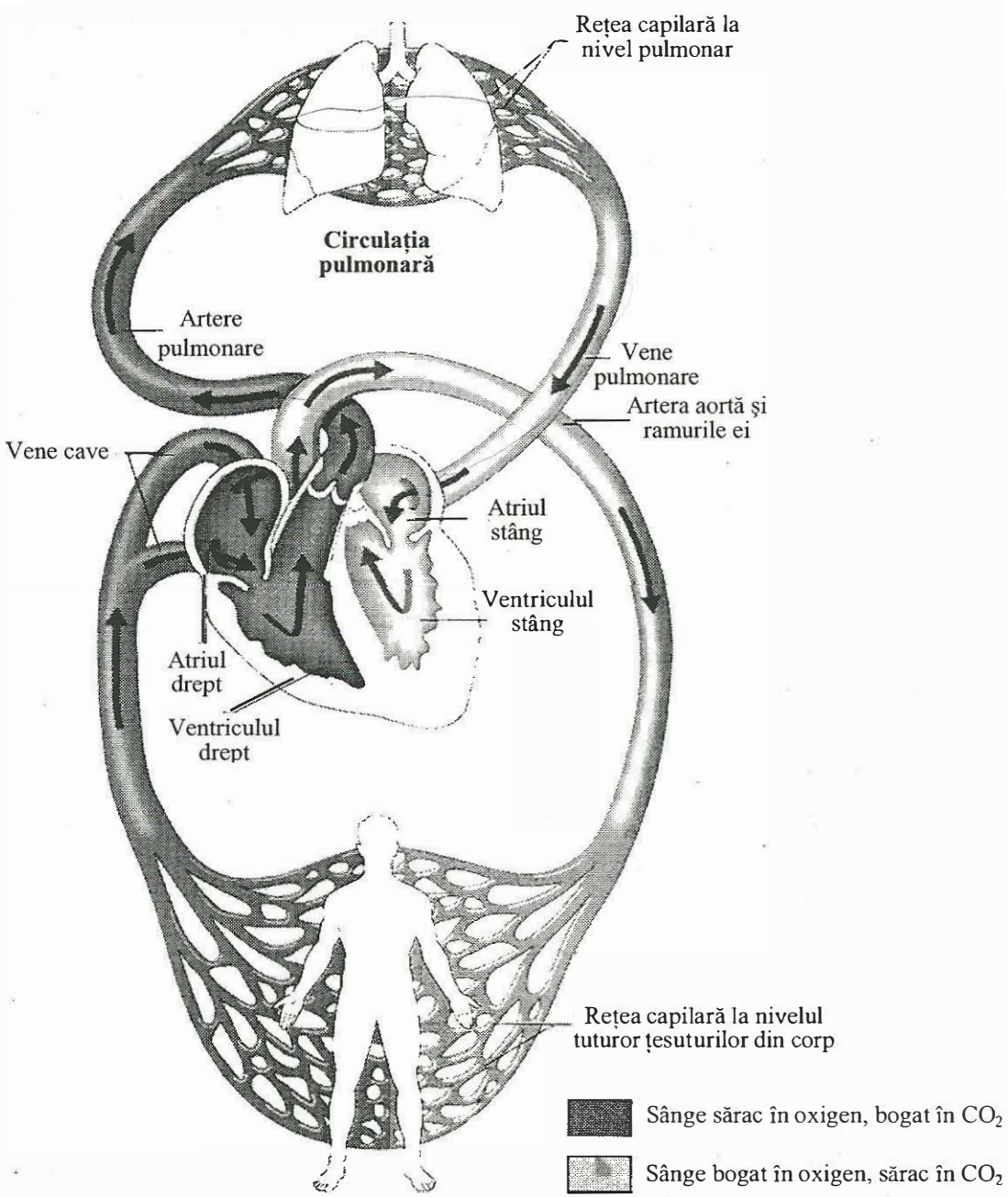


Figura 6.7. Marea şi mica circulație (după Marieb, 1998).

MICA CIRCULAȚIE

Mica circulație începe în ***ventriculul drept*** prin trunchiul arterei pulmonare, care prin ramurile sale transportă *sânge neoxigenat* la plămâni şi se termină prin venele pulmonare, care transportă *sânge oxigenat* în ***atriul stâng***.

Ventriculul drept $\xrightarrow{\text{trunchiul pulmonar}}$ plămâni $\xrightarrow{\text{4 vene pulmonare}}$ Atriul stâng

Trunchiul arterei pulmonare are un traiect ascendent de 8 cm, după care se bifurcă în *artera pulmonară stângă* şi *artera pulmonară dreaptă*. Acestea pătrund în plămâni prin hilul pulmonar şi fiecare dă naştere *arterelor lobare* (3 pentru plămânul drept şi 2 pentru plămânul stâng), care însoţesc bronhiile lobare. Arterele lobare îşi continuă ramificarea, întocmai ca şi arborele bronşic, până al nivelul arteriolelor şi în final al *capilarelor pulmonare*, care înconjoară alveolele pulmonare. La acest nivel, prin *membrana alveolo-capilară*, au loc schimburile de gaze dintre aerul atmosferic şi sângele din capilare. Sângele îmbogăţit în oxigen trece din capilare în venule, care se unesc progresiv şi formează în final ***venele pulmonare,*** câte două pentru fiecare plămân. Acestea se întorc la inimă şi se varsă, prin orificii proprii, în atriul stâng. Mica circulaţie reprezintă *circulaţia funcţională* a plămânilor.

!! Arterele micii circulaţii transportă sânge neoxigenat, iar venele, sânge oxigenat.

MAREA CIRCULAŢIE

Marea circulaţie începe în ***ventriculul stâng*** prin artera aortă, care prin ramurile sale transportă sânge oxigenat la toate organele şi ţesuturile corpului. Din reţeaua capilară, sângele venos este adus prin sistemul venelor cave superioară şi inferioară, în ***atriul drept.***

Ventriculul stâng $\xrightarrow{\text{artera aortă}}$ organe şi ţesuturi $\xrightarrow{\text{2 vene cave}}$ Atriul drept

În marea circulaţie, venele sunt mult mai numeroase decât arterele şi pot fi *vene profunde* şi *vene superficiale*.

Arterele sunt situate profund, fiind protejate de ţesuturile din jur. Arterele mari sunt însoţite de o singură venă profundă, iar arterele mijlocii şi mici de două vene profunde, având de obicei acelaşi nume şi traseu, fiind însoţite în drumul lor şi de nervi.

Venele superficiale sunt situate subcutanat şi se văd prin transparenţa tegumentului. Sunt dispuse cu precădere la nivelul capului şi al membrelor superioare şi inferioare. Ele nu însoţesc artere şi se varsă în venele profunde.

!! Din cauza accesibilității și a presunii sanguine scăzute de la nivelul lor, sunt locurile predilecte pentru tratamente intravenoase și pentru recoltarea probelor de sânge.

Vasele marii circulații conțin 95% din sângele circulant, iar restul de 5%, reprezentând 250-300 de ml, se găsește în mica circulație.

I. SISTEMUL ARTERIAL AL MARII CIRCULAȚII

Sistemul arterial al marii circulații este numit și ***sistemul aortic,*** deoarece este format din artera aortă, din care iau naștere toate celelalte artere ale circulației mari (Fig. 6.8).

Artera aortă are un diametru al lumenului de 2,5 cm și o grosime a peretelui de 2 mm. Își are originea în vetriculul stâng la nivelul orificiului aortic, prevăzut cu 3 valvule semilunare, care împiedică întoarcerea sângelui în ventricul în timpul diastolei.

Aorta prezintă 3 porțiuni: aorta ascendentă, arcul aortic și aorta descendentă.

Aorta ascendentă, prima porțiune a aortei, se dispune posterior și la dreapta trunchiului pulmonar și prezintă o porțiune intrapericardică și una extrapericardică. La bază, prezintă o porțiune mai dilatată numită *bulbul aortic,* din care iau naștere *arterele coronare stângă* și *dreaptă* care vascularizează miocardul.

După un traiect ascendent de 5 cm, aorta se curbează *spre stânga* peste pedicului pulmonar stâng și formează arcul aortic.

Arcul aortic (crosa aortei) se întinde până la nivelul ligamentului arterial (rezultat prin fibrozarea canalului arterial care leagă artera pulmonară stângă de aortă în viața intrauterină), unde își schimbă direcția și devine aorta descendentă.

Aorta descendentă continuă arcul aortic și se dispune anterior și la stânga coloanei vertebrale, străbătând toracele și abdomenul, de la nivelul vertebrei toracale 5 până în dreptul discului intervertebral dintre vertebrele lombare a 4-a și a 5-a. La acest nivel dă naștere ramurilor sale terminale.

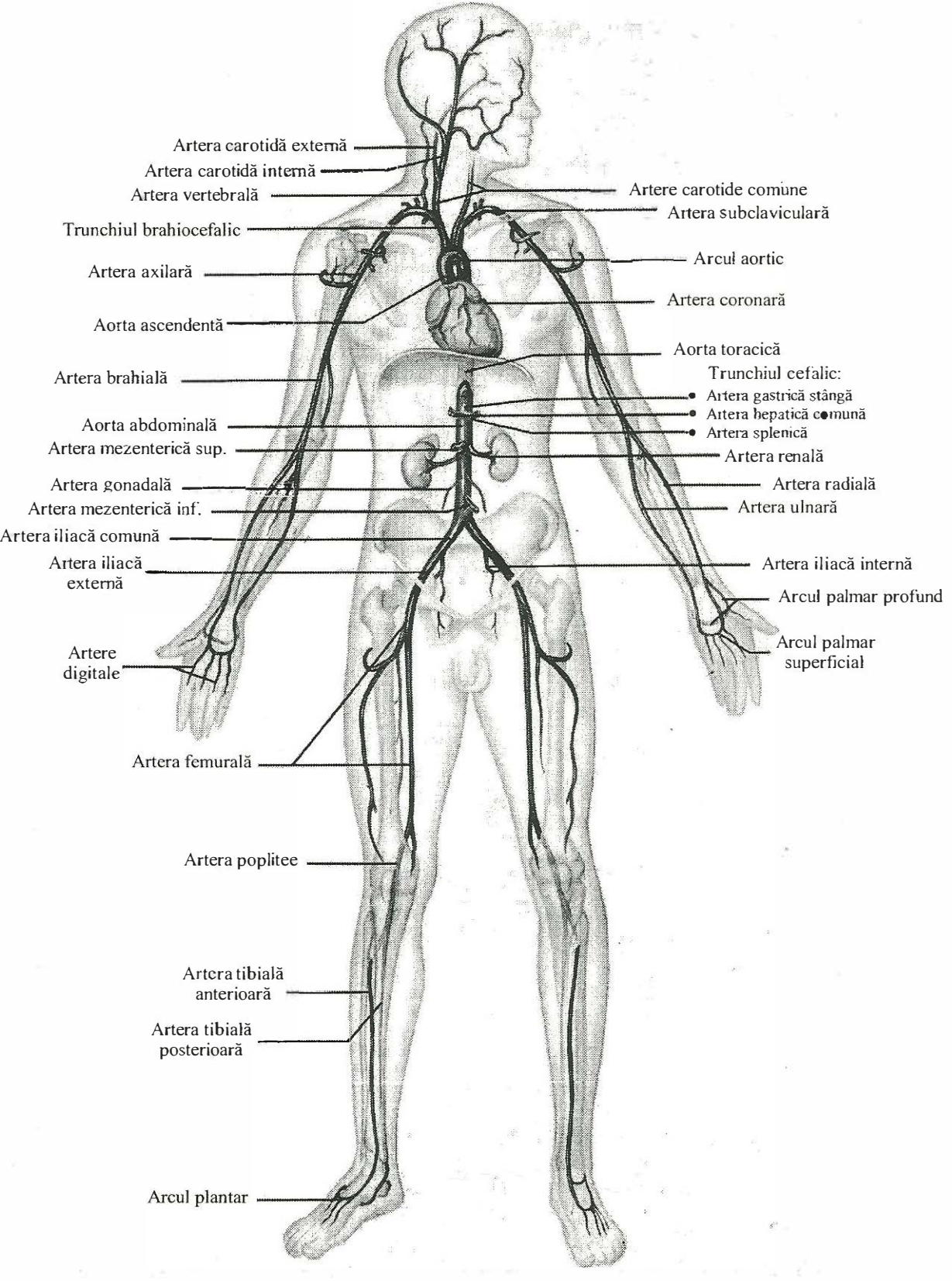


Figura 6.8. Sistemul arterial al marii circulații (după Marieb, 1998).

ARCUL AORTIC

Din arcul aortic se desprind, în ordine, de la dreapta la stânga:

- ***trunchiul brahiocefalic*** (artera anonimă)
- ***artera carotidă comună stângă***
- ***artera subclaviculară stângă***

Trunchiul brahiocefalic, după un scurt traiect ascendent, se împarte în *artera carotidă comună dreaptă* şi *artera subclaviculară dreaptă* (Fig. 6.8).

Ramurile celor 3 vase de sânge care se desprind din arcul aortic asigură vascularizaţia arterială a capului, gâtului, membrelor superioare şi parţial a peretelui toracal.

Arterele capului şi gâtului

Vascularizaţia arterială a capului şi gâtului este asigurată, în cea mai mare parte, de arterele carotide comune, cu un teritoriu vast de distribuţie şi de trei ramuri care iau naştere din arterele subclaviculare: arterele vertebrale, trunchiul tirocervical şi trunchiul costocervical.

- **Arterele carotide comune** Originea celor două artere carotide comune este diferită: artera carotidă comună dreaptă ia naştere din trunchiul brahiocefalic, iar cea stângă, direct din arcul aortic. Arterele carotide comune au traseu ascendent pe părţile laterale ale gâtului, unde formează, împreună cu vena jugulară şi nervul vag de aceeaşi parte, *mănunchiul vasculo-nervos* al gâtului. La nivelul marginii superioare a cartilajului tiroid al laringeului, fiecare arteră carotidă comună se împarte în două ramuri principale: *artera carotidă externă* şi *artera carotidă internă.*

La baza arterelor carotide interne, lângă locul de bifurcaţie, se găseşte o dilataţie a peretelui vascular, numită *sinusul carotidian,* care constituie o importantă zonă reflexogenă. Aici se găsesc *baroreceptori* care înregistrează modificările presiunii arteriale şi declanşează reflexe compensatorii. Sunt inervaţi de fibre simpatice din lanţul ganglionar simpatic şi de fibre parasimpatice viscerosenzitive ale nervilor IX (nervul Hering) şi ale nervului X. Tot la acest nivel se găsesc şi *corpii carotidieni,* mici structuri neurovasculare, care conţin *chemoreceptori,* sensibili la variaţiile concentraţiei de oxigen şi dioxid de carbon din sânge.

Arterele carotide externe asigură, prin ramurile lor, vascularizaţia capului (cu excepţia encefalului şi a globului ocular) şi a gâtului.

Ramurile arterei carotide externe: artera facială (tegumentul şi muşchii feţei), artera linguală, artera tiroidiană superioară (glanda tiroidă şi laringe), artera faringiană ascendentă, artera occipitală şi artera auriculară posterioară.
Posterior de condilul mandibulei, în profunzimea glandei parotide, artera carotidă externă se împarte în *ramuri terminale: artera temporală superficială* (pulsaţiile ei se pot detecta în faţa urechii, spre globul ocular) şi *artera maxilară* (asigură vascularizaţia maxilarului superior şi inferior, muşchilor masticatori, dinţilor şi a cavităţii nazale). Din ea se desprinde şi *artera meningee medie*, care pătrunde prin orificiul spinei de pe aripa mare a sfenoidului în craniu şi vascularizează meningele.
Arterele carotide interne, de calibru mai mare, asigură vascularizaţia globilor oculari şi a 80% din vascularizaţia encefalului. Ele pătrund în craniu prin canalul carotidian al osului temporal şi dau numeroase ramuri (vezi vascularizaţia arterială a encefalului).

- **Arterele vertebrale** sunt ramuri ale arterelor subclaviculare şi asigură vascularizaţia părţii posterioare a encefalului. Au traiect ascendent de-a lungul coloanei cervicale, prin orificiile proceselor transverse ale vertebrelor. Pătrund în craniu prin marele foramen şi se unesc, formând *artera bazilară* (vezi vascularizaţia encefalului).
- **Trunchiul tirocervical** şi **trunchiul costocervical** sunt vase scurte, care iau naştere din artera subclaviculară, lateral de originea arterei vertebrale. Din trunchiul tirocervical se desprind ramuri care vascularizează glanda tiroidă şi muşchii subscapulari, iar din trunchiul costocervical se desprind *artera cervicală profundă* şi primele două *artere intercostale posterioare*.

Arterele membrului superior

Vascularizaţia arterială a membrelor superioare este asigurată în totalitate de **arterele subclaviculare**. Originea celor două artere subclaviculare este diferită: *artera subclaviculară dreaptă* ia naştere din trunchiul brahiocefalic, iar *artera subclaviculară stângă*, direct din arcul aortic. După ce dau ramuri care asigură vascularizaţia encefalului, a gâtului (descrise anterior) şi a peretelui toracal prin *artera toracică internă*, fiecare arteră subclaviculară trece pe sub claviculă şi se îndreaptă lateral spre axilă. De la acest nivel ea se continuă cu artera axilară.
Artera axilară străbate regiunea axilară, fiind înconjurată de ramuri ale plexului brahial. Ea dă ramuri care vascularizează structurile din axilă, peretele

toracal şi umărul. Se termină la marginea inferioară a muşchiului pectoral mare, unde se continuă cu *artera brahială*.

Artera brahială (humerală) are traseu descendent de-a lungul marginii mediale a humerusului şi vascularizează muşchii anteriori şi posteriori ai braţului. La nivelul ei se măsoară de obicei tensiunea arterială. La plica cotului, artera brahială se împarte în ***artera radială*** (ramură laterală) şi ***artera ulnară*** (ramură medială). La nivelul arterei radiale, prin compresiunea pe planul osos, se măsoară pulsul arterial.

La nivelul mâinii, ramuri ale arterelor ulnară şi radială se anastomozează şi formează arcuri arteriale - *arcurile palmare profund* şi *superficial*. Din acestea se desprind *artere metacarpiene* şi *artere digitale* (Fig. 6.8).

AORTA DESCENDENTĂ

Este al treilea segment al arterei aorte. Din punct de vedere topografic, ea prezintă două porţiuni: porţiunea toracică şi porţiunea abdominală.

Aorta toracică coboară prin toarace, dispunându-se între esofag şi coloana vertebrală. Se termină în dreptul vertebrei toracale 12. Aorta străbate muşchiul diafragmul prin *hiatusul aortic* al acestuia şi de la acest nivel poartă numele de aorta abdominală.

Aorta abdominală are un traiect retroperitoneal până la nivelul discului intervertebral dintre vertebrele lombare a 4-a şi a 5-a, unde dă naştere ramurilor sale terminale: *arterele iliace comune dreaptă* şi *stângă* şi *artera sacrală medie*, un vas subţire care îi continuă direcţia.

Din cele două porţiuni ale aortei descendente se desprind numeroase ramuri. Unele asigură vascularizaţia pereţilor toracali şi ai abdomenului şi se numesc ***ramuri parietale***, iar altele vascularizează viscerele din torace şi abdomen şi se numesc ***ramuri viscerale***.

Ramurile aortei toracice

Aorta toracică dă naştere, de-a lungul traiectului său, la numeroase ramuri parietale şi viscerale.

Ramurile parietale sunt: nouă perechi de *artere intercostale posterioare,* care se dispun de-a lungul şanţurilor de pe marginile inferioare ale coastelor şi se anastomozează cu arterele intercostale anterioare, ramuri din arterele toracice

interne; *arterele subcostale* sunt dispuse inferior de perechea a 12-a de coaste; *arterele frenice* (diafragmatice) superioare, care vascularizează partea superioară a muşchiului diafragm.

Ramurile viscerale ale aortei toracice sunt: *arterele bronşice* - asigură vascularizaţia nutritivă a plămânilor; *arterele esofagiene*, *arterele pericardice* şi *arterele mediastinale*.

Ramurile aortei abdominale

Aorta abdominală, prin ramurile sale parietale, vascularizează pereţii cavităţii abdomino-pelvine, prin ramurile viscerale vascularizează organele abdominale, iar prin ramurile sale terminale asigură vascularizaţia organelor din pelvis şi a membrelor inferioare.

În condiţii de repaus, jumătate din sângele arterial se găseşte la nivelul acestor vase de sânge.

Ramurile parietale ale aortei abdominale sunt:

- *arterele frenice inferioare* se desprind din aortă imediat după intrarea sa în abdomen, la nivelul vertebrei toracale 12. Irigă partea inferioară a muşchiului diafragm. Din ele se formează arterele suprarenale superioare
- *arterele lombare* - în număr de 4 perechi, iau naştere pe părţile posterolaterale ale aortei şi vascularizează muşchii spatelui, măduva spinării şi muşchii abdominali.

Ramurile viscerale. Unele din aceste ramuri sunt nepereche: trunchiul celiac, artera mezenterică superioară şi artera mezenterică inferioară, iar altele sunt perechi: arterele suprarenale mijlocii, arterele renale şi arterele genitale. Ele vor fi descrise în ordinea formării lor de-a lungul arterei abdominale.

Trunchiul celiac. Este o ramură scurtă şi groasă care se formează din partea anterioară a aortei, imediat sub muşchiul diafragm. Din trunchiul celiac se desprind trei artere: artera gastrică stângă, artera hepatică comună şi artera splenică.

Artera gastrică stângă vascularizează o parte a stomacului şi parţial esofagul.

Artera splenică dă ramuri pentru stomac, pancreas şi se termină la nivelul splinei.

Artera hepatică comună, după ce dă ramuri care vascularizează stomacul, duodenul şi pancreasul, devine *artera hepatică propriu-zisă* care asigură vascularizaţia nutritivă a ficatului.

Arterele suprarenale mijlocii asigură vascularizația glandelor suprarenale.

Artera mezenterică superioară este o arteră de calibru mare care se desprinde din aortă la 1 cm sub trunchiul celiac, retropancreatic. Pătrunde în mezenter (pliu peritoneal care ancorează intestinul subțire de peretele posterior al abdomenului) şi dă numeroase ramuri - *arterele intestinale* care se anastomozează între ele. Asigură vascularizația întregului intestin subțire şi a unor segmente ale intestinului gros: apendicele vermiform, cecul, colonul ascendent şi jumătatea dreaptă a colonului transvers.

Arterele renale dreaptă şi ***stângă*** sunt vase de calibru mare care se desprind în unghi drept din aortă, la nivelul vertebrelor lombare 1 şi 2, asigurând vascularizația rinichilor.

Arterele genitale (ovariene sau testiculare). *Arterele ovariene* asigură vascularizația ovarelor şi parțial a trompelor uterine. *Arterele testiculare* au un traseu lung, străbat canalul inghinal şi ajung în scrot, unde vascularizează testiculele.

Artera mezenterică inferioară este ultima ramură viscerală care se desprinde din aorta abdominală, în dreptul vertebrei lombare 3. Asigură vascularizația jumătății stângi a colonului transvers, a colonului descendent, sigmoid şi a părții superioare a rectului.

Ramurile terminale ale aortei abdominale

La nivelul vertebrei lombare 4, aorta abdominală se bifurcă în **artera iliacă comună dreaptă** şi **artera iliacă comună stângă**. Acestea asigură, prin ramurile lor, vascularizația peretelui abdominal, a organelor pelvine şi a membrelor inferioare. Anterior de articulațiile sacroiliace, după un traiect de 4 - 5 cm, fiecare arteră iliacă comună se împarte în două ramuri principale: *artera iliacă internă* şi *artera iliacă externă.*

Arterele iliace interne (hipogastrice) vascularizează prin ramurile lor, pereții pelvisului şi organele pelvine (vezica urinară, parțial rectul, uterul şi vaginul la femeie/prostata şi canalul deferent la bărbat). *Artera ruşinoasă internă*, ram terminal al iliacei interne, vascularizează perineul, canalul anal şi organele genitale externe.

Arterele iliace externe asigură vascularizația membrelor inferioare. Părăsesc abdomenul pe sub ligamentul inghinal, de unde se continuă cu arterele femurale.

Arterele membrului inferior

Artera femurală continuă artera iliacă externă şi se dispune pe partea anteromedială a coapsei, dând ramuri care vascularizează muşchii coapsei. În partea inferioară a coapsei se dispune pe faţa posterioară şi intră în fosa poplitee de pe faţa posterioară a geninchiului, unde devine artera poplitee.

Artera poplitee dă ramuri care vascularizează articulaţia genunchiului şi se bifurcă la nivelul gambei în două ramuri: artera tibială anterioară şi artera tibială posterioară. ***Artera tibială anterioară*** se continuă la nivelul gleznei cu *artera dorsală a piciorului* (artera pedioasă) care vascularizează faţa dorsală a piciorului şi se poate palpa în spaţiul interosos 1.

Artera tibială posterioară, de calibru mai mare decât cea anterioară, dă naştere proximal ***arterei fibulare*** (peroniere). Coboară pe faţa posterioară a gambei şi trece în regiunea plantară a piciorului. Aici se bifurcă în arterele plantare laterală şi medială.

Artera plantară medială dă ramuri digitale pentru degetul I (haluce), iar ***artera plantară laterală*** se anastomozează cu artera dorsală a piciorului şi formează ***arcul plantar*** (asemănător arcului palmar de la nivelul mâinii). Din arcul plantar se desprind ***arterele metatarsiene*** care se împart fiecare în câte două ***artere digitale***.

II. SISTEMUL VENOS AL MARII CIRCULAŢII

Sistemul venos al marii circulaţii adună sângele neoxigenat din tot corpul şi îl transportă în atriul drept, prin două mari vene: **vena cavă superioară** şi **vena cavă inferioară**.

Venele sunt vase prin care sângele se întoarce din reţeaua capilară de la nivelul ţesuturilor, la inimă. Astfel, *venulele* (cele mai mici vene care provin din capilare) se unesc şi formează *vene mijlocii*, iar acestea prin unire, formează în final, două *vene mari*, venele cave, care se deschid în atriul drept (Fig. 6.9).

O venă provine din confluenţa unor vase mai mici numite *afluenţi* sau *vene tributare*.

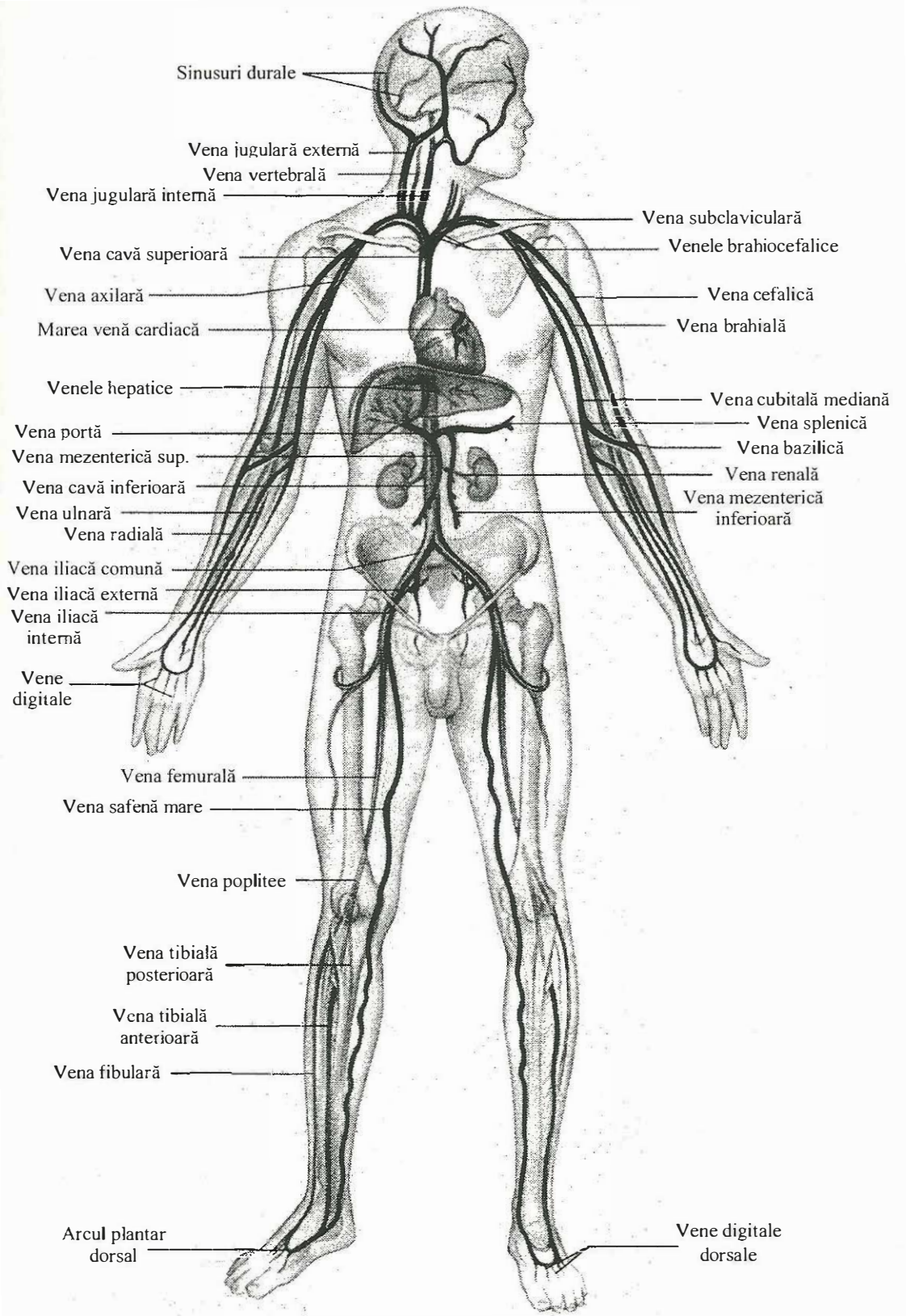


Figura 6.9. Sistemul venos al marii circulații (după Marieb, 1998).

A. SISTEMUL VENEI CAVE SUPERIOARE

Vena cavă superioară colectează sângele venos din jumătatea supra-diafragmatică a corpului, respectiv de la cap, gât, torace şi membre superioare. Vena cavă superioară se formează prin unirea *venelor brahiocefalice*, dreaptă şi stânga, în dreptul primei articulații sternocostale drepte. Vena cavă superioară are o lungime de 6-8 cm şi un traiect descendent, posterior de marginea dreaptă a sternului. Vine în raport cu plămânul drept, traheea şi aorta ascendentă iar posterior, cu pedicului pulmonar drept. Înainte de vărsarea în atriul drept primeşte ca afluent marea venă azygos.

Venele brahiocefalice. Fiecare venă brahicefalică provine din unirea *venei jugulare interne* cu *vena subclaviculară* de aceeaşi parte, la nivelul unui unghi venos. În unghiul venos stâng se varsă *canalul toracic*, iar în unghiul venos drept se varsă *ductul limfatic* (canalul toracic şi ductul limfatic sunt cele două mari colectoare limfatice prin care limfa ajunge în circulația venoasă).

Venele jugulare interne sunt cele mai mari colectoare venoase ale capului şi gâtului. Se formează la nivelul găurii jugulare (orificiul sfâşiat posterior) de la baza craniului. Fiecare prezintă la origine o zonă mai dilatată, numită *golful* venei jugulare, unde primeşte sânge neoxigenat de la nivelul sinusurilor durei mater, care sunt marile colectoare venoase ale creierului (vezi vascularizația venoasă a creierului).

Vena jugulară internă are traiect descendent de-a lungul gâtului, alături de artera carotidă comună şi nervul vag, formând împreună *pachetul vasculo-nervos al gâtului*. Înainte de a se uni cu vena subclaviculară, primeşte afluenți din zonele profunde ale feței şi de la unele organe cervicale.

Venele subclaviculare adună o parte din sângele venos de la nivelul feței şi scalpului prin *venele jugulare externe* şi sângele venos de la nivelul membrelor superioare, prin *venele axilare*.

Venele membrului superior

Sângele venos al membrului superior este colectat de două rețele venoase: o rețea venoasă profundă şi o rețea superficială, între care există numeroase anastomoze. Atât venele superficiale cât şi cele profunde prezintă de-a lungul lor valvule semilunare.

Venele profunde. Însoțesc arterele având aceeaşi denumire. Fiecare arteră mică şi mijlocie este însoțită de două vene profunde care se dispun de o parte şi de alta a acesteia (vene comitante).

Venele profunde încep cu *venele digitale proprii*, care formează *venele digitale comune*, care se unesc formând două *arcade palmare* venoase: *profundă* şi *superficială,* din care se formează *venele ulnare* şi *venele radiale.*

La niveul brațului venele ulnare şi radiale confluează formând *venele brahiale*, care prin unire formează *vena axilară*, unică, care se continuă cu vena subclaviculară.

Venele superficiale sunt aşezate subcutanat şi nu însoțesc arterele. Ele îşi au originea în *rețeaua venoasă dorsală a mâinii*, din care se desprind trei vene superficiale: vena cefalică, vena mediană a antebrațului şi vena bazilică.

Vena cefalică, dispusă lateral, are traiect ascendent de-a lungul membrului superior până la umăr, unde se varsă în vena axilară.

Vena mediană a antebrațului este dispusă în regiunea mijlocie a antebrațului şi la nivelul cotului se uneşte fie cu vena bazilică, fie cu vena cefalică.

Vena bazilică se dispune medial de-a lungul membrului superior şi se varsă într-una din venele brahiale.

Pe fața anterioară a cotului, o altă venă superficială, numită *vena cubitală mediană,* conectează bazilica cu cefalica. Această venă este cel mai adesea puncționată pentru recoltarea probelor de sânge sau pentru tratamente intravenoase.

Sistemul venelor azygos

Acest sistem venos este format din următoarele vase de sânge: vena azygos, vena hemiazygos şi vena hemiazygos accesorie, care flanchează coloana vertebrală (Fig. 6.1●).

Vena azygos (marea venă azygos) este dispusă pe partea dreaptă a coloanei vertebrale şi îşi are originea în abdomen, din *vena lombară ascendentă dreaptă.* Aceasta colectează sângele venos din peretele abdominal şi după ce străbate muşchiul diafragm, devine vena azygos. În torace primeşte ca afluenți *venele intercostale posterioare drepte* (a 9-a - a 11-a), *venele bronşice* şi *venele mediastinale.* La nivelul vertebrei toracale 4, descrie un arc în jurul pedicululuipulmonar drept şi se varsă în vena cavă superioară.

Vena hemiazygos (mica venă azygos) se dispune pe flancul stâng al coloanei vertebrale şi îşi are originea în *vena lombară ascendentă stângă*. Are un traiect asemănător cu al marii venei azygos până la nivelul vertebrei toracale 8, unde trece anterior de coloana vertebrală şi se varsă în marea venă azygos.

Vena hemiazygos accesorie completează superior, pe flancul stâng al coloanei vertebrale, vena hemiazygos. Are ca afluenți *venele intercostale posterioare* (a 4-a - a 8-a) şi *venele bronşice*. Se varsă în marea venă azygos.

Marea şi mica venă azygos se anastomozează, prin *venele lombare ascendente*, cu venele iliace comune, care constituie originea venei cave inferioare. Astfel, sistemul azygos constituie o *cale de anastomoză venoasă* între teritoriul venei cave superioare şi cel al venei cave inferioare.

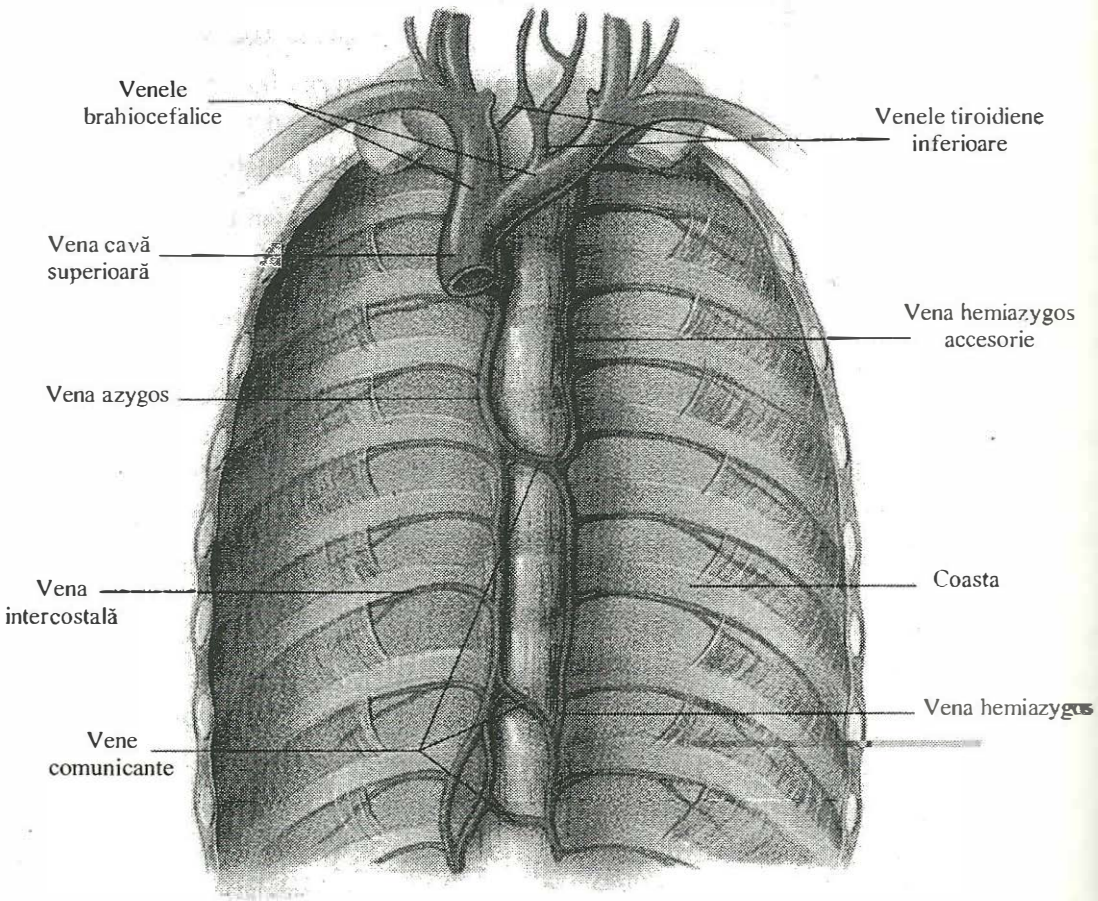


Figura 6.10. Sistemul venelor azygos (după Marieb, 1998).

B. SISTEMUL VENEI CAVE INFERIOARE

Vena cavă inferioară este cea mai mare venă a corpului uman, cu un traseu de aproximativ 25 cm. Ea colectează sângele venos din jumătatea subdiafragmatică a corpului, respectiv de la organele abdominopelvine, pereții cavității abdominale și membrele inferioare.

Se formează prin confluența ***venelor iliace comune dreaptă*** și ***stângă***, la nivelul vertebrei lombare 5. Are un traseu ascendent, anterior de coloana vertebrală, fiind dispusă retroperitoneal și la dreapta arterei aorte abdominale. Străbate mușchiul diafragm prin orificiul venei cave și după un foarte scurt traiect supradiafragmatic, se varsă în atriul drept. De-a lungul traseului său, vena cavă inferioară primește numeroși afluenți, care colectează sângele din pereții abdomenului și de la viscerele abdominopelvine, iar prin venele iliace comune (de origine) colectează sângele din membrele inferioare și pelvis.

Cele mai multe vene tributare ale cavei inferioare au aceeași denumire și traseu cu al arterelor corespunzătoare.

Venele cavității abdominale

Venele lombare, în număr de mai multe perechi, colectează sângele venos din pereții posteriori ai abdomenului. Ele se varsă fie direct în cava inferioară, fie în venele lombare ascendente dreaptă și stângă, care constituie originea sistemului azygos.

Venele genitale colectează sângele venos de la gonade. Venele genitale drepte (vena testiculară dreaptă / vena ovariană dreaptă) se varsă direct în vena cavă inferioară, iar cele stângi se varsă în vena renală stângă.

Venele renale dreaptă și ***stângă*** colectează sângele de la rinichi, având un traiect orizontal și anterior de arterele renale.

Venele suprarenale colectează sângele de la glandele suprarenale. Vena suprarenală dreaptă se varsă direct în vena cavă inferioară, iar vena suprarenală stângă se varsă în vena renală stângă.

Venele hepatice (suprahepatice) sunt două sau trei vase scurte și de calibru mare, care colectează sângele din ficat. Părăsesc ficatul la nivelul marginii sale superioare (nu intră în alcătuirea pediculului hepatic) și se varsă în vena cavă inferioară.

Cum s-a arătat, vena cavă inferioară se formează prin unirea celor două ***vene iliace comune dreaptă*** și ***stângă***. Fiecare venă iliacă comună provine din

confluența venei iliace externe cu vena iliacă internă, la nivelul articulației sacro-iliace.

Vena iliacă internă (hipogastrică) adună, prin afluenții ei, sângele venos din pereții bazinului și de la organele pelvine.

Vena iliacă externă este continuarea venei femurale și primește sângele venos de la nivelul membrului inferior.

Sistemul port hepatic

Vena portă este un mare colector venos care adună sângele de la toate organele digestive situate subdiafragmatic și de la splină și îl transportă la ficat, asigurând *vascularizația funcțională* a acestuia. Astfel, sângele încărcat cu substanțe nutritive absorbite la nivelul tubului digestiv, trece mai întâi prin ficat și apoi ajunge în circulația sistemică (respectiv în vena cavă inferioară), prin intermediul *venelor hepatice* (Fig. 6.11).

Vena portă este un vas sanguin de 6-8 cm care se formează posterior de pancreas, prin confluența următoarelor vene: vena mezenterică superioară, vena splenică și vena mezenterică inferioară.

- ***Vena mezenterică superioară*** este o venă de calibru mare care adună sângele venos de la nivelul întregului intestin subțire, parte din intestinul gros (colon ascendent și transvers) și stomac.
- ***Vena splenică*** colectează sângele de la splină, parțial de la stomac și de la pancreas.
- ***Vena mezenterică inferioară*** adună sângele din jumătatea stângă a intestinului gros, inclusiv rect. Se unește cu vena splenică, formând *trunchiul mezentero-splenic*, înainte de confluența cu vena mezenterică superioară.

Vena portă pătrunde în ficat la nivelul hilului hepatic și se ramifică progresiv până la *rețeaua de capilare sinusoide* din lobulul hepatic. La acest nivel, hepatocitele preiau substanțele nutritive, le transformă și în parte, le depozitează ca rezerve. *Celulel Kupffer* care mărginesc capilarele sinusoide au rol fagocitar, curățând sângele de agenții patogeni și substanțele toxice care au străbătut mucoasa tubului digestiv.

Ficatul, prin multiplele sale roluri metabolice, antitoxice și de apărare anti-infecțiosă, modifică compoziția sângelui înainte ca acesta să fie transportat în tot organismul.

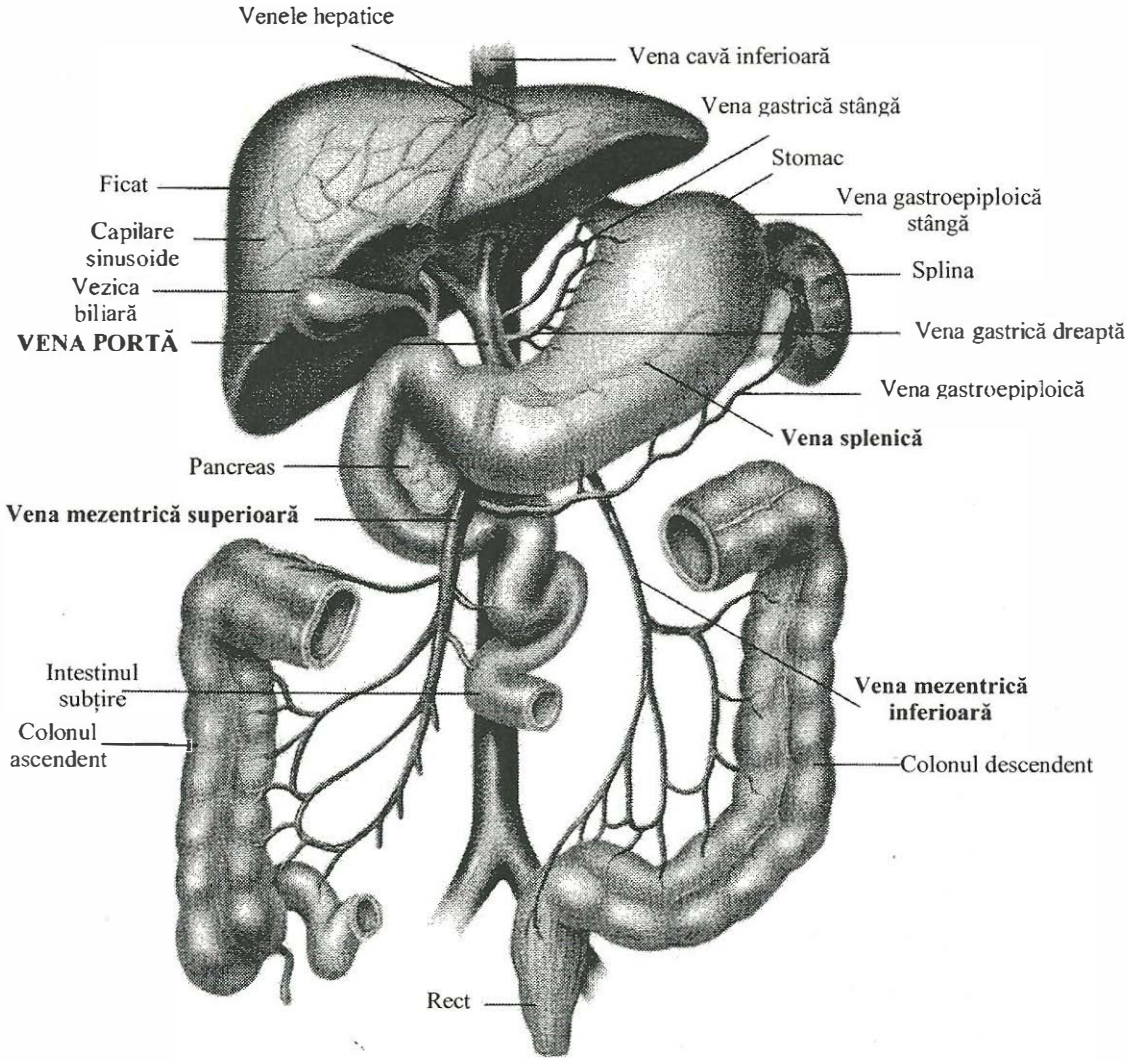


Figura 6.11. Sistemul venei porte (după Marieb, 1998).

!! Vena portă este un vas special al marii circulații deoarece începe şi se sfârşeşte printr-o rețea de capilare. Își are originea în rețeaua de capilare de la nivelul organele digestive, care se unesc progresiv şi formează vene din ce în ce mai mari, respectiv venele tributare ale portei. Pătrunsă în ficat, vena portă se ramifică progresiv şi dă naştere unei a doua rețele capilare - capilarele sinusoide. Acestea se varsă în venele centrolobulare - originea venelor hepatice.

Un asemenea sistem sanguin se numeşte sistem port venos, fiind reprezentat de o *dublă capilarizare pe traiectul unei vene.*

Asemănător membrului superior, sângele venos al membrului inferior este colectat de un sistem venos profund şi unul superficial. Şi venele membrului inferior prezintă valvule semilunare, care uşurează întoarcerea venoasă.
Venele profunde însoţesc arterele, având aceiaşi denumire şi sunt de obicei două pentru fiecare arteră.

Sistemul venos profund începe pe *faţa plantară a piciorului*, la nivelul degetelor, prin *venele digitale plantare*. Acestea se continuă cu *venele metatarsiene plantare,* care se deschid în *arcada venoasă plantară*. Din aceasta se formează *venele fibulare* (peroniere) şi *venele tibiale posterioare. Venele tibiale anterioare* sunt continuarea venelor dorsale ale piciorului.
Pe faţa posterioară a genunchiului, în fosa poplitee, venele tibiale anterioare şi posterioare se unesc şi formează *vena poplitee*, unică, care se continuă la nivelul coapsei cu vena femurală.
Vena femurală are traseu paralel cu artera femurală şi la nivelul ligamentului inghinal se continuă cu *vena iliacă externă*.

Venele superficiale. Sistemul venos superficial îşi are originea pe *faţa dorsală a piciorului*, în *venele digitale dorsale* şi în *arcada venoasă dorsală* a piciorului, din care se desprind două trunchiuri venoase: vena safenă mare şi vena safenă mică. Între cele două vene safene se formează numeroase anastomoze
Vena safenă mare (internă) pleacă din partea medială a reţelei venoase a piciorului, trece anterior de maleola tibială şi urcă pe feţele mediale ale gambei şi coapsei, până în regiunea inghinală, unde se varsă în vena femurală. Este cea mai lungă venă din corp.
Vena safenă mică (externă) pleacă din partea laterală a arcului venos dorsal, trece posterior de maleola fibulară şi urcă pe faţa posterioară a gambei până în fosa poplitee, unde se varsă în vena poplitee.

!! Venele safene, fiind vene superficiale, sunt insuficient susţinute de ţesuturile din jur şi pot prezenta dilataţii, caracteristice *bolii varicoase*.

!!**Arterele** sunt vase prin care sângele circulă de la inimă spre țesuturi - sunt vase care "pleacă" de la inimă. Arterele transportă sânge oxigenat, cu excepția arterelor pulmonare care transportă sânge neoxigenat de la inimă la plămâni.

Venele sunt vase prin care sângele circulă de la țesuturi spre inimă - sunt vase care "vin" la inimă. Venele transportă sânge neoxigenat, cu excepția venelor pulmonare care transportă sânge oxigenat de la plămâni la inimă.

În concluzie, numele de arteră sau venă dat unui vas de sânge depinde de relația acestuia cu inima, şi nu de tipul de sânge pe care îl transportă (oxigenat sau neoxigenat).

INIMA - ORGAN ENDOCRIN

In 1964, cercetătorul român George Palade, laureat al Premiului Nobel, evidențiază elecronomicroscopic, prezența unui tip special de celule miocardice, diferite de cele contractile şi ale țesutului excito-conductor. Acest al treilea tip de fibre musculare cardiace se găsesc la nivelul atriilor şi conțin numeroase granule de secreție. Cercetările ulterioare întreprinse asupra compoziției chimice a produşilor de secreție ai granulelor au arătat natura *polipeptidică* a acestora. Factorul biologic activ conținut în granule a primit numele de ***factor natriuretic atrial*** (ANF). Eliberarea lui în sânge este stimulată de *distensia auriculelor* (prelungiri în fund de sac ale atriilor), determinată de creşterea presiunii intraatriale şi de sistemul nervos simpatic.

Factorul natriuretic atrial acționează asupra rinichiului, determinând excreția crescută de natriu şi apă la nivelul tubilor renali. Ele are şi rol inhibitor asupra secreției de renină. În acest fel, ANF are proprietăți diuretice, vasodilatatoare, hipotensive şi natriuretice (de eliminare a natriu-lui prin urină).

CAPITOLUL VII. **SISTEMUL RESPIRATOR**

Sistemul respirator asigură aportul de oxigen necesar desfăşurării proceselor oxidative metabolice şi eliminarea dioxidului de carbon rezultat din aceste procese, prin schimbul permanent de gaze dintre organism şi mediul înconjurător.

Respiraţia este o funcţie vitală a organismelor vii şi se desfăşoară în două etape: ***etapa pulmonară (respiraţia externă)*** în care se produc schimburi gazoase între aerul din plămâni şi sânge şi ***etapa tisulară (respiraţia internă)*** în care se realizează schimburi gazoase între sânge şi celule. Între cele două etape respiratorii se interpune sângele, care transportă gazele de la plămâni la ţesuturi şi invers. În sânge, gazele respiratorii sunt transportate în mică măsură sub *formă solvită* şi, în cea mai mare parte, sub forma unor *combinaţii chimice labile cu hemoglobina*, care fixează şi cedează cu uşurinţă atât O_2 cât şi CO_2. **Ventilaţia pulmonară** asigură vehicularea aerului între plămâni şi mediul extern.

Sistemul respirator este format anatomo-funcţional din două categorii de organe: căile respiratorii şi plămânii. ***Căile respiratorii*** formează un sistem de conducte care au *rol de conducere* al aerului. La nivelul lor, aerul inspirat este filtrat şi curăţat de impurităţi, încălzit la 37°C şi saturat în vapori de apă. ***Plămânii*** sunt *organele respiratorii propriu-zise*, la nivelul lor având loc schimburile de gaze dintre organism şi mediu (Fig. 7.1).

CĂILE RESPIRATORII

Căile respiratorii sunt reprezentate de: cavitatea nazală, faringe, laringe, traheea, bronhiile şi ramificaţiile lor.

CAVITATEA NAZALĂ

Cavitatea nazală, aflată parțial la nivelul nasului (piramida nazală), este primul segment al căilor respiratorii. Este împărțită de *septul nazal* în două jumătăți simetrice, numite **fose nazale**. Acestea sunt două canale cu direcție antero-posterioară, care comunică cu exteriorul prin *narine* și cu nazofaringele prin *choane*. Fiecare fosă nazală prezintă două regiuni: o regiune anterioară numită *vestibul nazal* și o regiune posterioară, *fosa nazală propriu-zisă*.

Vestibulul nazal are o direcție verticală și este situat superior de narină. Este căptușit cu tegument prevăzut cu glande sebacee, sudoripare și numeroși peri numiți *vibrize*. Acestea au rolul de a reține particulele de praf, polen sau alte impurități din aerul inspirat.

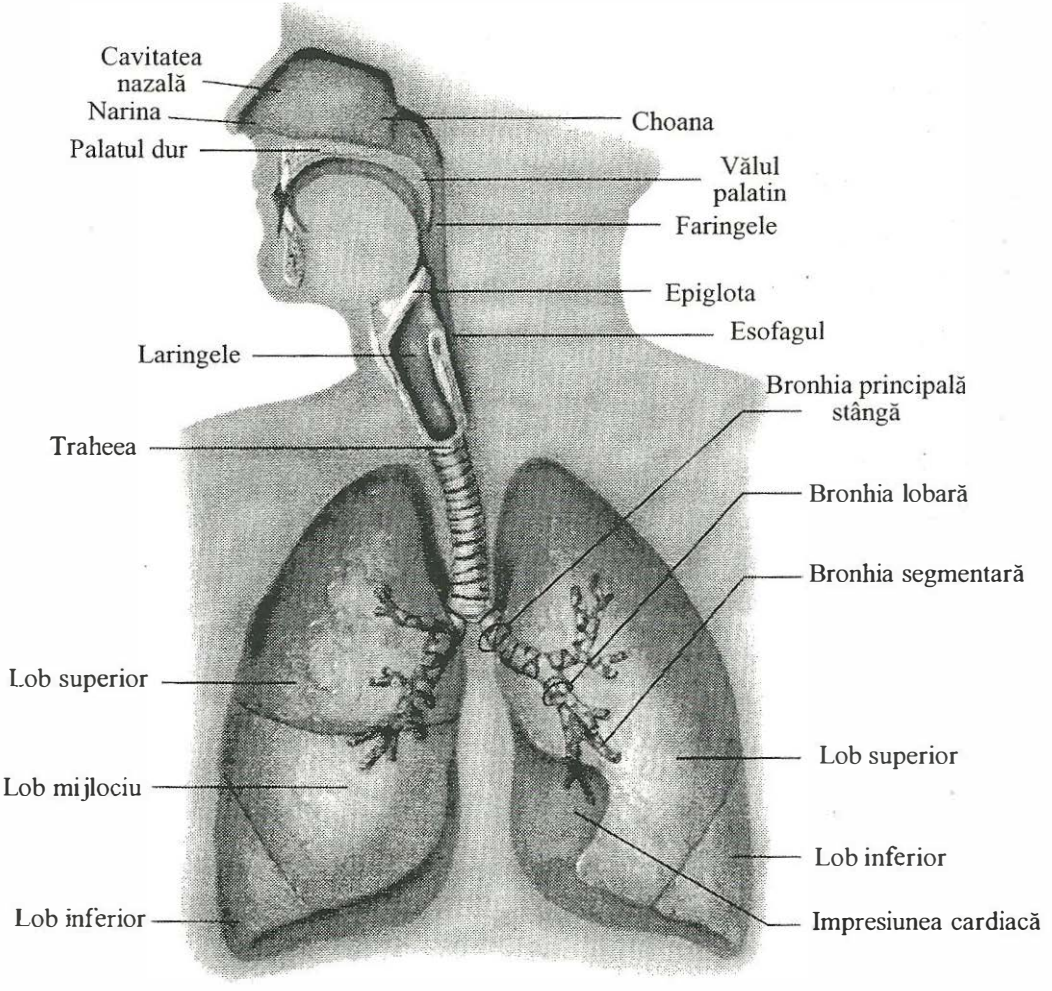


Figura 7.1. Părțile componente ale sistemului respirator (după Audesirk & Audesirk, 1989).

Fosa nazală propriu-zisă are o direcție orizontală și prezintă patru pereți: (1) *peretele superior* format din osul nazal, lama ciuruită a osului etmoid și corpul sfenoidului; (2) *peretele inferior* format din bolta palatină, desparte cavitatea nazală de cavitatea bucală; (3) *peretele medial* format din septul nazal și (4) *peretele lateral* care prezintă trei lame osoase cu direcția antero-posterioară, numite *cornete nazale* (superior, mijlociu și inferior). Cornetele nazale au rolul de a crește turbulența aerului inspirat în cavitatea nazală și de a mări suprafața de contact a aerului cu mucoasa nazală. Sub fiecare cornet nazal se delimitează un spațiu numit *meat nazal*. La nivelul meaturilor nazale se deschid *sinusurile paranazale* (Fig. 7.2).

Fosele nazale sunt căptușite de ***mucoasa nazală***, care la nivelul orificiilor de deschidere a sinusurilor paranazale se continuă cu mucoasa sinusală și posterior, cu mucoasa nazofaringelui. Mucoasa nazală prezintă două regiuni distincte: mucoasa olfactivă și mucoasa respiratorie.

a. Mucoasa olfactivă este situată în etajul superior al foselor nazale și are o întindere de 2-3 cm^2, acoperind lama ciuruită a etmoidului, cornetul nazal superior și partea superioară a septului nazal. La nivelul mucoasei olfactive se găsesc *receptorii olfactivi*, primul segment al analizatorului olfactiv.

b. Mucoasa respiratorie căptușește restul foselor nazale. Este bogat vascularizată și inervată și conține numeroase glande mucoase și seroase a căror secreție formează *mucusul nazal* care umectează în permanență mucoasa. Rețeaua vasculară este formată din plexuri venoase cu pereți subțiri, care au rolul de a încălzi aerul inspirat. Din cauza abundenței și localizării superficiale a acestor vase, sunt frecvente hemoragiile nazale (**epistaxis**). Inervația bogată, asigurată de ramuri ale nervilor trigemeni (V), face ca la contactul mucoasei cu substanțe iritante, să se declanșeze în mod reflex strănutul. Mucusul nazal reține praful și agenții patogeni din aerul inspirat, iar *lizozimul* (enzimă antibacteriană) conținut îi distruge parțial. Celulele mucoasei respiratorii prezintă *cili vibratili,* prin mișcările cărora se creează un curent care împinge mucusul contaminat spre faringe.

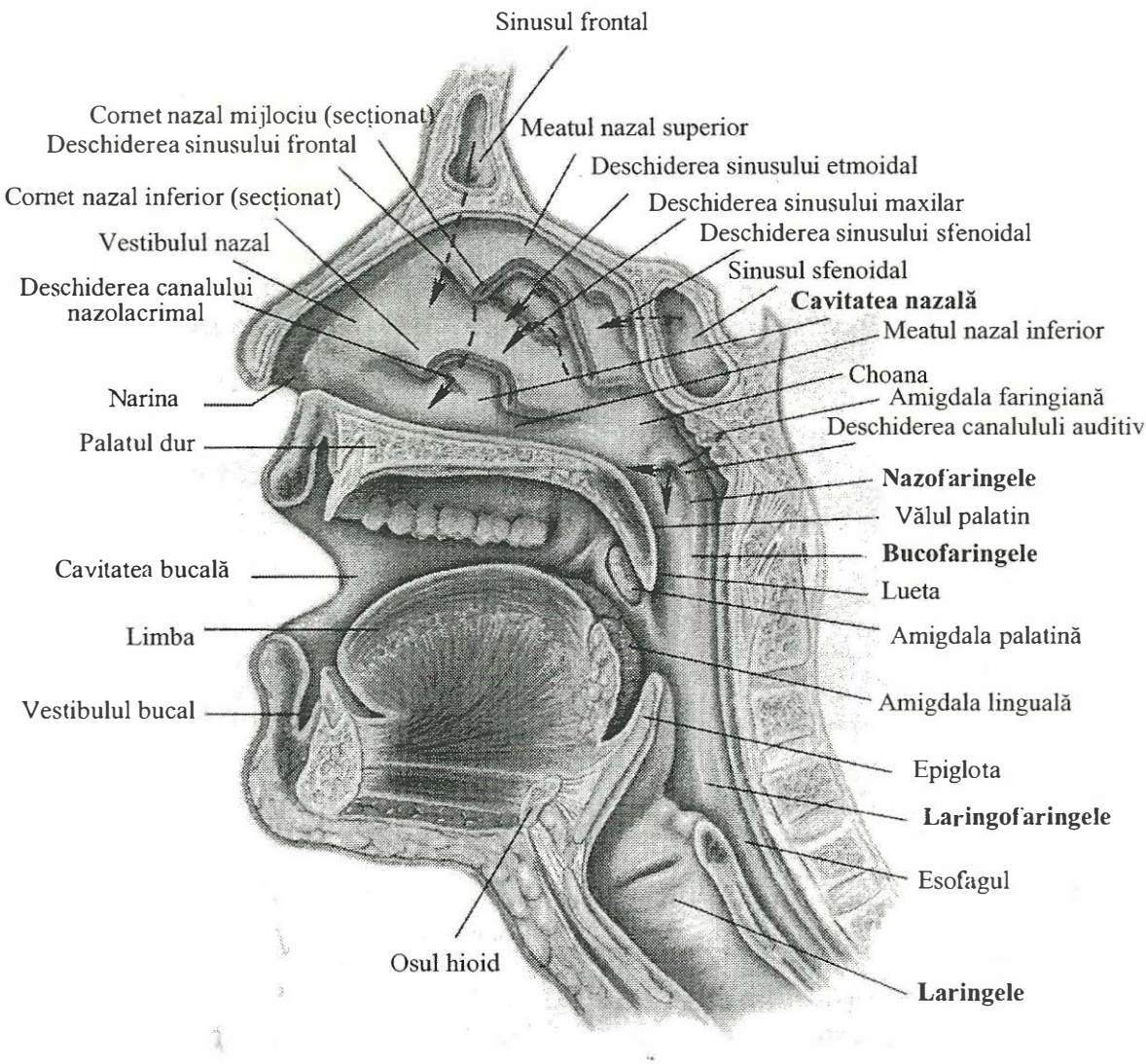


Figura 7.2. Secțiune sagitală la nivelul capului şi gâtului şi căile respiratorii superioare (după Van De Graaff, 2000).

Sinusurile paranazale sunt cavități săpate în oasele din jurul cavității nazale care comunică cu aceasta prin orificii, care se deschid la nivelul meaturilor nazale (Fig. 7.2). *Sinusul sfenoidal* se deschide pe peretele superior al cavității nazale. *Sinusul frontal* şi *sinusul maxilar* (cel mai voluminos) se deschid în meatul nazal mijlociu. *Sinusurile etmoidale* se deschid în meaturile superior şi mijlociu, iar în meatul nazal inferior se deschide *canalul nazo-lacrimal*. Sinusurile sunt căptuşite cu *mucoasa sinusală*, continuare a celei nazale, fapt care explică posibilitatea diseminării infecțiilor din cavitatea nazală la mucoasa sinusurilor (**sinuzita**). Sinusurile paranazale uşurează greutatea craniului, mențin o temperatură constantă în jurul cavității nazale şi întăresc sunetele în fonație (Fig. 7.3).

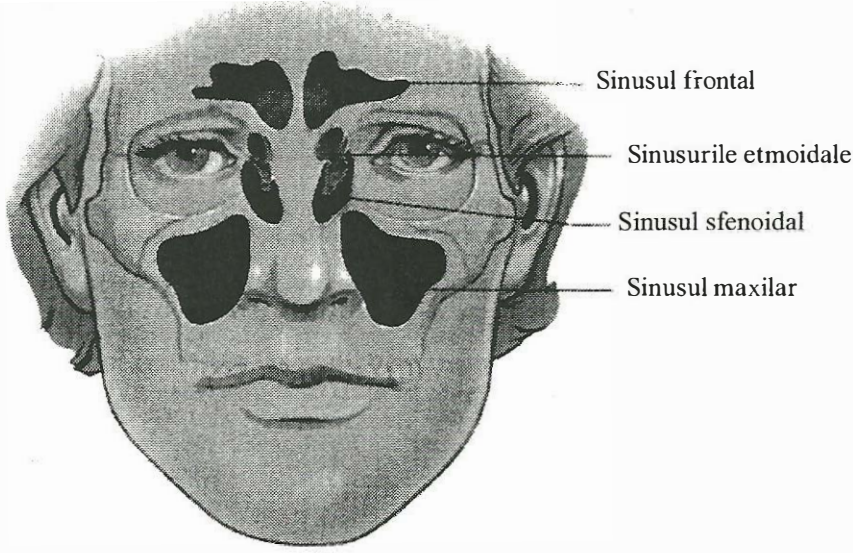


Figura 7.3. Sinusurile paranazale – vedere anterioară (după Marieb, 1998).

FARINGELE

Este un conduct musculo-fibros, lung de aproximativ 13 cm, care se întinde de la baza craniului până în dreptul vertebrei cervicale 6, unde se continuă cu esofagul. După *raporturile anterioare* pe care le stabileşte, faringele poate fi împărţit în trei porţiuni: nazofaringele, bucofaringele şi laringofaringele (Fig. 7.2).

Nazofaringele (partea superioară) comunică anterior cu cavitatea nazală prin două orificii, numite *choane*. Pe pereţii laterali ai nazofaringelui se deschid *trompele auditive (Eustachio),* care fac legătura acestuia cu urechea medie. Este singura parte a faringelui cu *rol exclusiv respirator*, de vehiculare a aerului.

Bucofaringele (partea mijlocie) comunică anterior cu cavitatea bucală, prin *istmul bucofaringian.*

Laringofaringele (partea inferioară) vine în raport anterior cu baza limbii şi orificiul laringelui şi comunică postero-inferior cu esofagul. In timpul deglutiţiei, epiglota coboară şi acoperă orificiul laringian.

Atât bucofaringele cât şi partea superioară a laringofaringelui, sunt căi comune de transport ale aerului şi alimentelor, la nivelul lor având loc *încrucişarea căii respiratorii cu calea digestivă.*

Mucoasa faringiană prezintă numeroşi *foliculi limfatici*, solitari sau agregaţi, aceştia din urmă formând *amigdalele* sau *tonsilele* (Fig. 7.2). Organele limfoide formează *inelul limfatic perifaringian* (Waldeyer), dispus strategic pentru a distruge agenţii patogeni care pătrund în organism odată cu alimentele sau aerul inspirat.

La nivelul nazofaringelui, pe peretele posterior, se găsesc *amigdalele faringiene*. Inflamaţia acestora formează *vegetaţiile adenoide (polipii),* care obstruează choanele şi îngreunează respiraţia nazală. La locul de deschidere al trompelor auditive în nazofaringe se găsesc *amigdalele tubare*.

La nivelul bucofaringelui sunt dispuse *amigdalele palatine*, cele mai voluminoase, a căror inflamaţie se numeşte **amigdalită**.

La baza limbii este situată *amigdala lingual*ă.

LARINGELE

Laringele, pe lângă rolul de cale respiratorie, are şi rolul de *principal organ al fonaţiei*. Este un organ cavitar aşezat în partea anterioară a gâtului, care superior se deschide în laringofaringe, iar inferior se continuă cu traheea, în dreptul vertebrei cervicale 6. În alcătuirea laringelui intră un schelet cartilaginos, format din 3 *cartilaje neperechi: epiglota,* cartilajul *tiroid* şi cartilajul *cricoid* şi 3 *cartilaje perechi:* cartilajele *aritenoide, corniculate* şi *cuneiforme* (Fig.7.4). Cartilajele laringiene sunt unite între ele prin ligamente şi articulaţii. Cavitatea laringelui este căptuşită de *mucoasa laringiană*. Pe pereţii laterali ai cavităţii laringelui proemină două perechi de plici cu direcţia antero-posterioară, numite ***corzi vocale:*** două superioare, numite *corzi vocale false,* cu rol pasiv în fonaţie şi două inferioare, numite *corzi vocale adevărate* deoarece participă activ la fonaţie. Spaţiul dintre corzile vocale se numeşte *glotă*. Fonaţia (vorbirea) implică eliberarea intermitentă a aerului expirat, ceea ce determină vibraţia corzilor vocale adevărate. Prin modificarea lungimii şi a tensiunii din corzile vocale, înălţimea sunetelor se modifică. În laringe se produc sunete nearticulate care constituie *tonul vocal laringian*. Sunetele articulate sunt produse cu ajutorul limbii, dinţilor şi buzelor. Faringele, cavitatea bucală, cavitatea nazală şi sinusurile paranazale au rolul de cutie de rezonanţă, întărind sunetele.

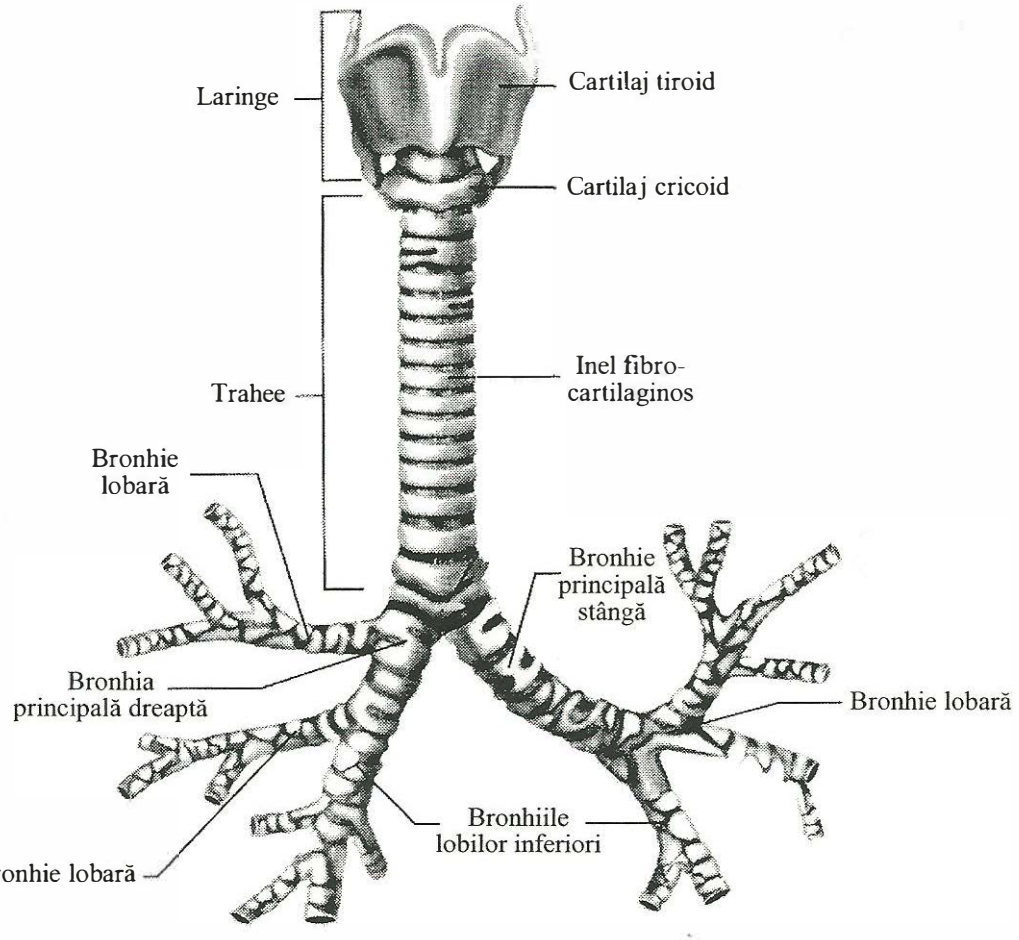


Figura 7.4. Căile respiratorii: laringe, trahee, bronhii (după Shier, Butler, Lewis, 1999).

TRAHEEA

Traheea este situată în continuarea laringelui şi se întinde până în dreptul vertebrei toracale 4, unde se bifurcă în cele două bronhii principale. Are o lungime de 10-12 cm şi un diametru de 1,5 cm. În constituția traheei intră 18-20 de *inele fibrocartilaginoase*, incomplete posterior, unite între ele prin ligamente inelare elastice. Inelele fibrocartilaginoase, structuri rigide, mențin lumenul traheal deschis permanent. În partea posterioară, inelele cartilaginoase sunt completate de *membrana traheală,* care cuprinde în grosimea ei *muşchiul traheal*. Membrana traheală permite dilatarea esofagului, situat posterior, la trecerea bolului alimentar spre stomac.

BRONHIILE

Bronhiile extrapulmonare, numite şi bronhii principale, sunt reprezentate de *bronhia dreaptă* şi *bronhia stângă*. Ele sunt formate, ca şi traheea, din *inele fibrocartilaginoase* incomplete posterior. Bronhiile pătrund în plămâni pe feţele mediale ale acestora, la nivelul hilului pulmonar. În interiorul plămânilor, bronhiile se ramifică, formând *arborele bronşic*.

PLĂMÂNII

Plămânii sunt aşezaţi în cutia toracică, de o parte şi de alta a inimii şi constituie organele respiratorii propriu-zise. La exterior, plămânii sunt înveliţi de membrane seroase numite *pleure*. Pleura este formată din *două foiţe* (parietală şi viscerală) care se continuă una cu alta. *Foiţa parietală* căptuşeşe pereţii cavităţii toracice, iar *foiţa viscerală* înveleşte plămânii la exterior, intrând şi în scizurile de la suprafaţa lor. Între cele două foiţe pleurale există *cavitatea pleurală,* care conţine o cantitate infimă de *lichid pleural*. Pelicula fină de lichid pleural menţine în contact cele două foiţe şi permite alunecarea lor una faţă de alta. Presiunea din interiorul cavităţii pleurale este *negativă* (faţă de presiunea atmosferică), caracteristică importantă care asigură aderenţa plămânilor la cutia toracică. Cavităţile pleurale dreaptă şi stângă nu comunică între ele.

MORFOLOGIA EXTERNĂ A PLĂMÂNILOR

Plămânii au formă de trunchi de con, prezentând un vârf, o bază în raport cu muşchiul diafragm şi două feţe: *sternocostală* şi *mediastinală*. Pe feţele sternocostale ale plămânilor se găsesc şanţuri sau *scizuri*: plămânul drept are două scizuri, care îl împart în 3 lobi, iar plămânul stâng are o singură scizură şi respectiv 2 lobi (Fig. 7.1). Faţa mediastinală (medială) prezintă central *hilul pulmonar,* prin care intră şi ies din plămân elementele *pedicului pulmonar*: bronhia principală, artera pulmonară, venele pulmonare, vasele bronşice, limfatice şi nervi.

UNITĂȚILE ANATOMICE ŞI FUNCȚIONALE ALE PLĂMÂNILOR

Plămânul este o structură ierarhizată formată din:

lobi pulmonari - 3 în plămânul drept, 2 în plămânul stâng (3:2)

↓

segmente pulmonare - teritorii pulmonare cu autonomie morfo-funcțională şi chirurgicală (10:10)

↓

lobuli pulmonari - structuri piramidale cu baza spre suprafața plămânului

↓

acini pulmonari

STRUCTURA PLĂMÂNULUI

Plămânul este alcătuit din două categorii de formațiuni anatomice: (1) un sistem de canale aeriene intrapulmonare care formează **arborele bronşic** şi (2) un sistem de mici cavități globuloase în care se termină ramurile arborelui bronşic, numite **alveole pulmonare**, care formează cea mai mare parte a parenchimului pulmonar. La acestea se adaugă țesut conjunctiv, în care predomină fibrele elastice.

Arborele bronşic provine din *ramificarea monopodială* (prin colaterale) şi *dichotomică* (prin bifurcare) a bronhiilor principale, după pătrunderea acestora în plămâni. Rezultă astfel aproximativ 23-25 de generații de ramificații care formează arborele bronşic (Fig. 7.4 şi 7.5).

Bronhii lobare - structură asemănătoare cu a bronhiilor principale; 3:2

↓

Bronhii segmentare - inele fibrocartilaginoase discontinue

↓

Bronhii interlobulare - inele fibrocartilaginoase discontinue

↓

Bronhiole intralobulare - inelele cartilaginoase sunt înlocuite cu fibre musculare netede dispuse circular, care intervin în modificarea lumenului bronhiolei

↓

Bronhiole terminale - constituie ultimele ramificații ale arborelui bronşic, cu rol de conducere al aerului

↓

Bronhiole respiratorii (acinoase)

Acinul pulmonar

Bronhiola respiratorie şi toate formaţiunile care iau naştere din ea formează un **acin pulmonar**. Un acin începe cu o dilatare a bronhiolei respiratorii numită *vestibul*, din care pleacă 3-5 *canale alveolare* care se termină în *sacii alveolari*. Pereţii sacilor alveolari sunt formaţi din *alveole pulmonare* (Fig.7.5).

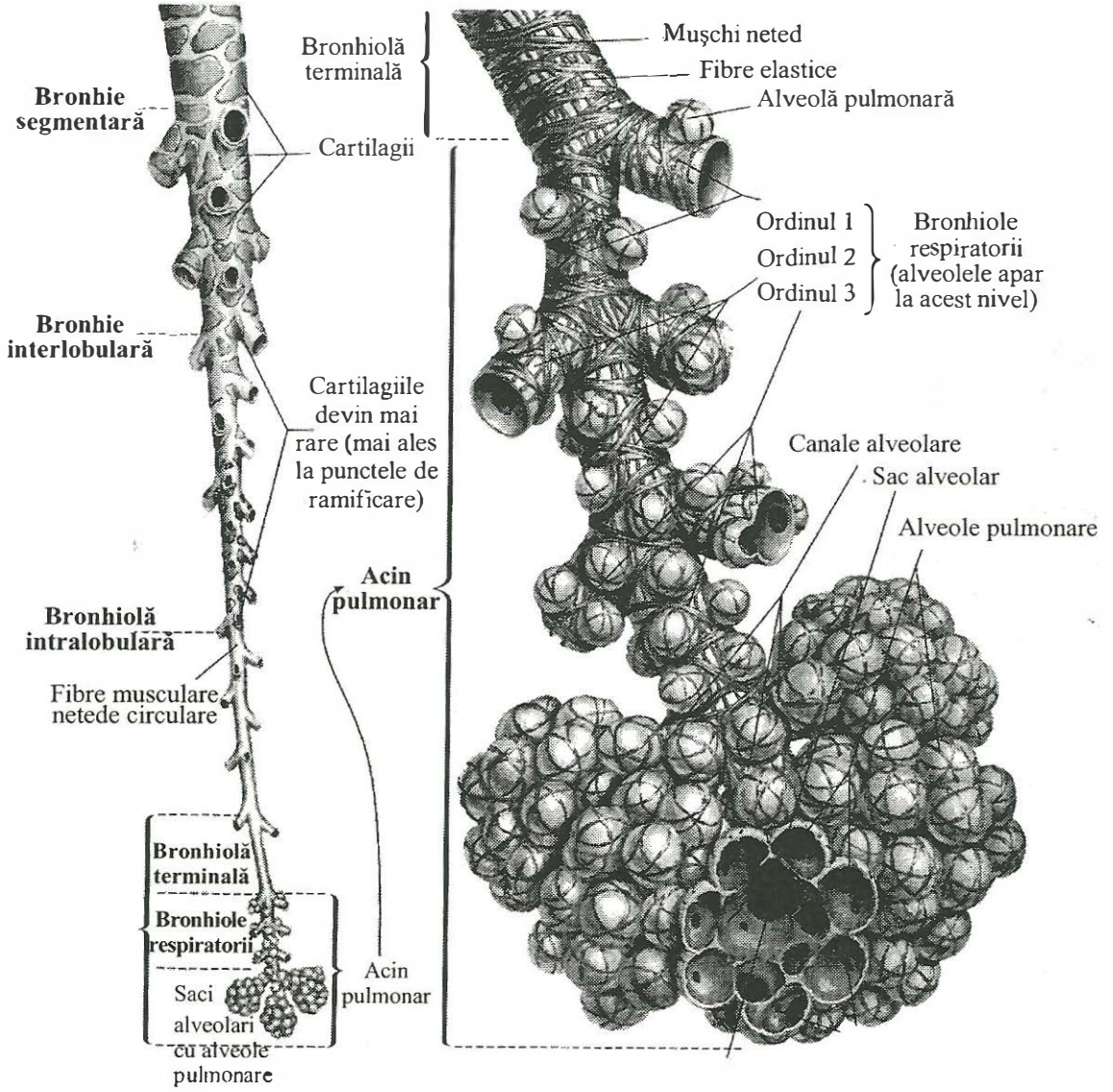


Figura 7.5. Arborele bronşic şi acinul pulmonar (după Netter, 1997).

Alveolele pulmonare. Cele 300 milioane de alveole din cei doi plămâni au o suprafață desfășurată de 50-70m^2, care reprezintă *suprafața de schimb* sau *respiratorie* a plămânilor. Alveola pulmonară este o structură globuloasă, delimitată de peretele alveolar. Acesta este format dintr-un epiteliu unistratificat alcătuit din două tipuri celulare, așezate pe o membrană bazală. Celulele alveolare de *tip I* sunt cele mai numeroase, iar celulele alveolare de *tip II* secretă o lipoproteină, numită ***surfactant alveolar***. Acesta este o substanță tensioactivă, care dizolvă gazele respiratorii, facilitând schimburile gazoase și scade tensiunea superficială a fluidului alveolar, menținând astfel alveolele deschise.

Alveolele pulmonare comunică între ele prin mici orificii (orificiile Kohn), care au rolul de a egaliza presiunea aerului în plămâni.

In cavitatea alveolară se găsesc numeroase *macrofage libere*, care distrug agenții patogeni ajunși la acest nivel odată cu aerul inspirat și curăță cavitatea de resturi celulare (Fig. 7.6).

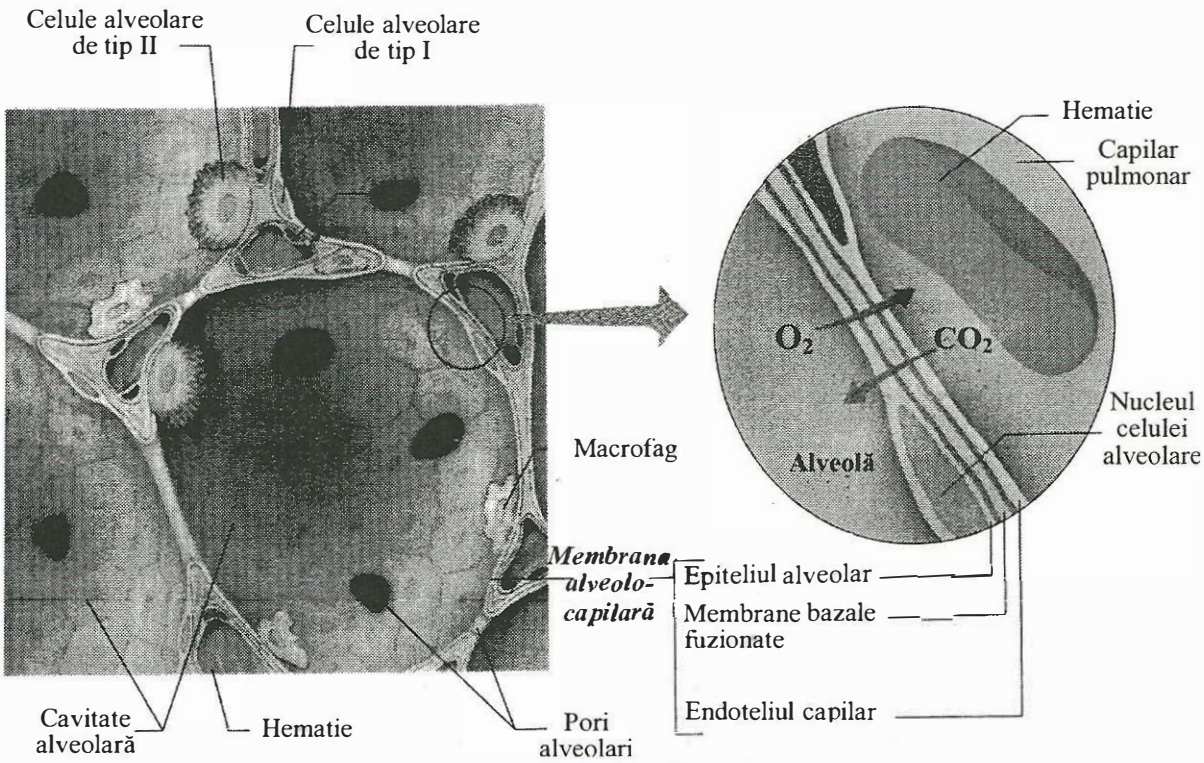


Figura 7.6. Structura peretelui alveolar și membrana alveolo-capilară (după Marieb, 1998).

Suprafața externă a peretelui alveolar este învelită de o *rețea de capilare pulmonare* provenite din capilarizarea ramurilor terminale ale arterelor pulmonare, care aduc sânge neoxigenat de la inimă.

Schimbul de gaze între aerul alveolar şi sângele venos din capilarele pulmonare se face prin ***membrana alveolo-capilară*** *(bariera hemo-aeriană),* în funcție de presiunea parțială a gazelor respiratorii de o parte şi de alta a acesteia.
Membrana alveolo-capilară, foarte subțire, este formată din peretele alveolei pulmonare şi peretele capilarului pulmonar, care sunt intim asociate. Astfel, membrana alveolo-capilară este formată din: epiteliul alveolar şi membrana bazală a acestuia împreună cu membrana bazală şi endoteliul capilar (Fig.7.6).
După cum s-a arătat, suprafața desfăşurată a celor 300 de milioane de alveole este foarte mare, reprezentând suprafața de schimb sau respiratorie a plămânilor. Schimbul de gaze respiratorii se face prin *procesul de difuziune*, oxigenul din aerul alveolar trece în sânge, iar dioxidul ce carbon din capilarul pulmonar trece în alveola pulmonară, fiind eliminat odată cu aerul expirat.

Vascularizația plămânilor. Plămânul are o dublă vascularizație: vascularizația funcțională şi vascularizația nutritivă.

Vascularizația funcțională este reprezentată de mica circulație. Din ventriculul drept se desprinde trunchiul pulmonar, care după un scurt traiect se bifurcă în *artera pulmonară dreaptă* şi *artera pulmonară stângă*, care transportă sânge neoxigenat la plămâni. Acestea pătrund în plămâni şi se ramifică, urmând ramificațiile arborelui bronşic. Ultimele ramuri se termină în *rețeaua de capilare pulmonare* de la nivelul alveolelor. Din rețeaua de capilare se formează venule, care preiau *sângele oxigenat* rezultat în urma schimburilor gazoase. Acestea confluează în vase din ce în ce mai mari şi în final părăsesc plămânul prin două *vene pulmonare*. Cele patru vene pulmonare (două drepte şi două stângi) se deschid, prin orificii proprii, în atriul stâng.

Vascularizația nutritivă face parte din marea circulație şi este asigurată de arterele şi venele bronşice. *Arterele bronşice*, două stângi şi una dreaptă, sunt ramuri viscerale ale aortei toracice. Ele transportă sânge oxigenat la componentele din structura plămânilor, asigurând nutriția acestora. *Venele bronşice* se varsă în venele hemiazygos accesorie şi azygos, iar acestea, în vena cavă superioară.

Inervația plămânilor este asigurată de sistemul nervos vegetativ. Fibrele simpatice își au originea în coarnele laterale ale măduvei toracale T2-T5, unde se găsesc centrii respiratori, iar fibrele parasimpatice aparțin nervilor vagi (X). Stimularea parasimpatică determină dilatația vaselor de sânge din pereții bronhiilor, hipersecreția glandelor bronșice și contracția musculaturii netede, *conducând la micșorarea lumenului bronșic. Stimularea simpatică are efecte* inverse.

CAPITOLUL VIII. **SISTEMUL DIGESTIV**

Sistemul digestiv, prin funcțiile sale, asigură aportul de substanțe organice, anorganice, vitamine şi apă necesare funcționării organismului. Produşii rezultați în urma digestiei sunt folosiți fie în scop *energetic,* pentru refacerea rezervelor energetice de ATP, fie în scop *plastic*, structural, intrând în alcătuirea diferitelor componente ale celulei.

Alimentele constituie principala sursă de energie indispensabilă diverselor forme de activitate. ***Substanțele organice*** din alimente sunt reprezentate de *proteine*, *glucide* şi *lipide*. Aportul minim necesar de proteine este de 0.5 g/kg corp, el dublându-se în timpul activităților. Este important ca jumătate din aceste proteine să fie proteine animale cu *aminoacizi esențiali* reprezentați de: histidina, isoleucina, leucina, lizina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofanul şi valina, deoarece ei nu pot fi sintetizați în organism sau sunt produşi în cantitate redusă. Proteinele sunt folosite mai mult în scop structural decât energetic. Necesarul energetic este asigurat în principal de glucide şi lipide. Energia furnizată de glucide (amidon, zahăr, glicogen) reprezintă 60% din total. Lipidele furnizează doar 25-30% din necesarul energetic, procentul crescând în funcție de necesități.

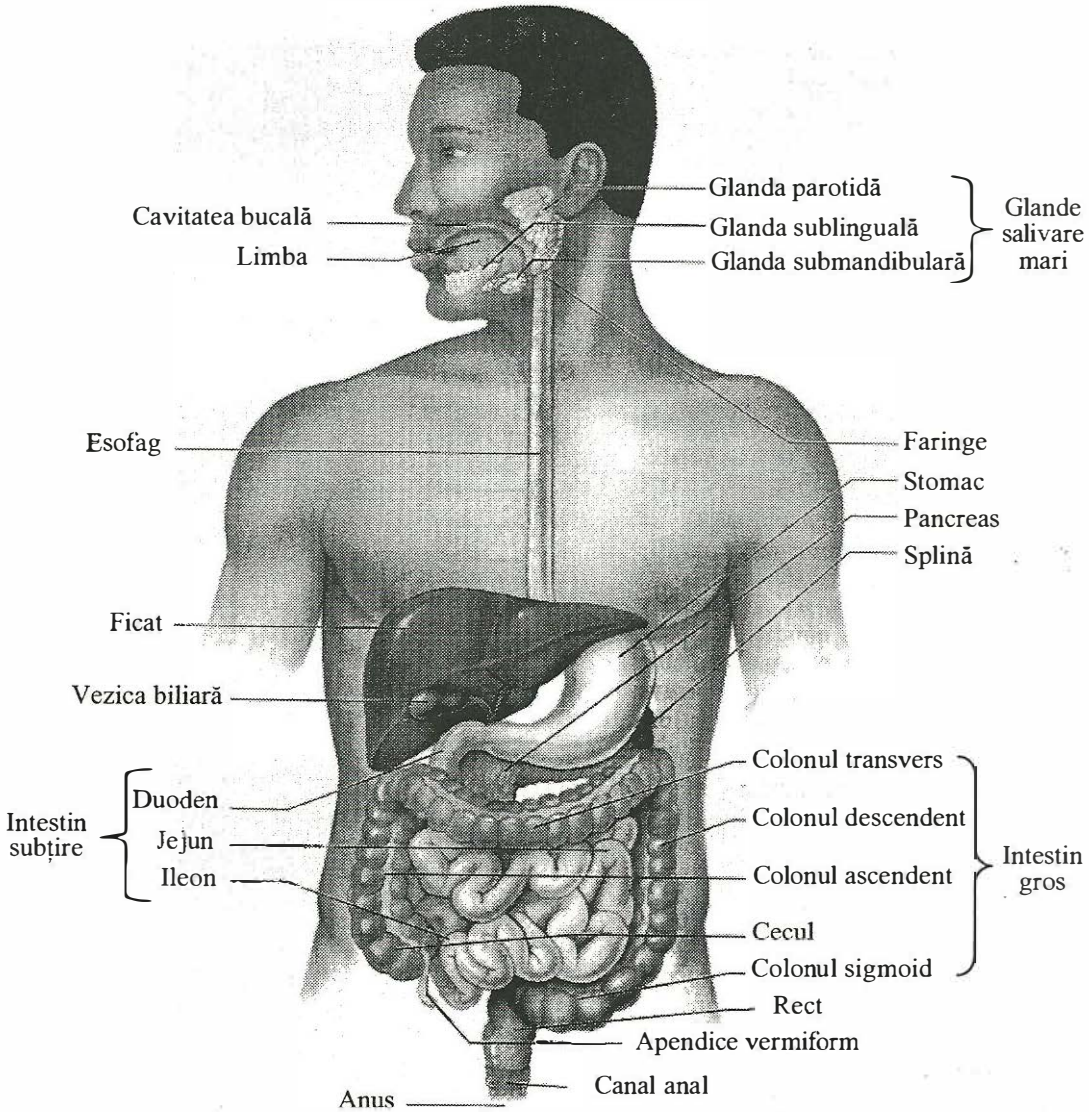
Substanțele anorganice absolut necesare într-o dietă sunt calciul (0,8 mg/kg), fierul (10 mg/kg la bărbați, 15 mg/kg la femei) şi iodul (0.15 mg/kg). Alte elemente ca Ni, Mn, Mo, Cu, Cr sunt necesare în cantități infime, numindu-se de aceea şi *oligoelemente*.

Vitaminele (A, B_1, B_2, B_6, C, D, E, K, acid folic, vitamina PP) sunt substanțe organice care au un rol vital în metabolism, dar nu pot fi sintetizate de organism sau sunt produse doar în cantități foarte mici.

În sistemul digestiv, alimentele suferă numeroase transformări mecanice, fizice şi chimice, pentru trecerea în mediul intern şi utilizarea de către celule. La nivelul tubului digestiv hrana este porționată, propulsată şi amestecată cu sucurile digestive de către musculatura din peretele tubului digestiv şi descompusă în molecule mici, uşor absorbabile prin *procesul de digestie.* Produşii rezultați în urma digestiei – nutrimentele - sunt transportați în

circulația limfatică sau sanguină prin *procesul de absorbție*. Digestia și absorbția sunt funcțiile cele mai importante ale sistemului digestiv. Ele sunt posibile datorită structurii speciale a diferitelor componente ale tubului digestiv și a secrețiilor glandelor anexe.

Sistemul digestiv este format din *tubul digestiv* (canalul alimentar) și *glandele anexe* ale acestuia. Organele tubului digestiv sunt: cavitatea bucală, faringele, esofagul, stomacul, intestinul subțire și intestinul gros. Glandele anexe ale tubului digestiv sunt glandele salivare, ficatul și pancreasul. Ele sunt glande cu secreție externă și își varsă produșii prin canale de excreție la nivelul diferitelor segmente ale tubului digestiv (Fig. 8.1).



STRUCTURA PERETELUI TUBULUI DIGESTIV

Peretele tubului digestiv are o structură unitară de la esofag până la anus, fiind format din patru tunici, care prezintă unele particularități structurale zonale. Cele patru tunici sunt: tunica mucoasă (internă), tunica submucoasă, tunica musculară şi tunica externă (Fig. 8.2).

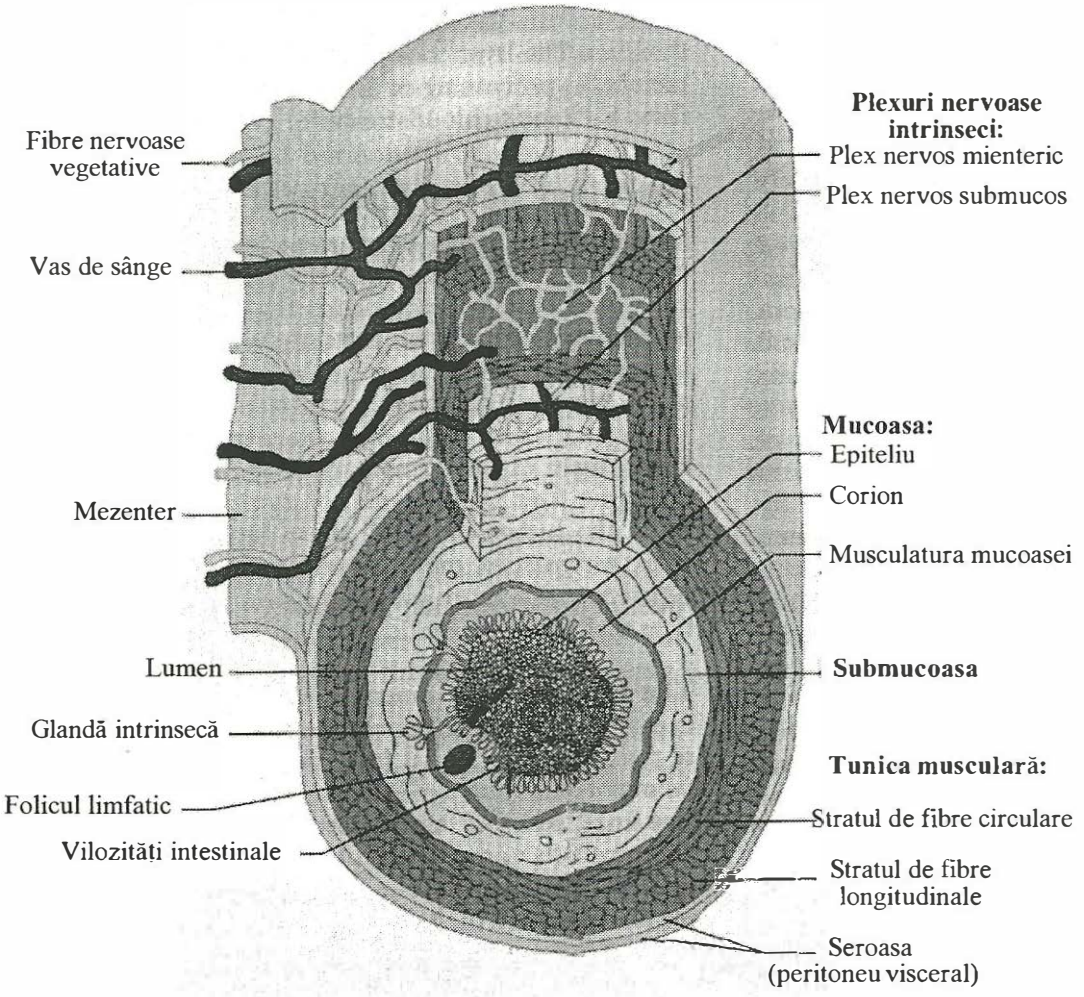


Figura 8.2. Structura peretelui tubului digestiv (după Marieb, 1998).

Tunica mucoasă căptuşeşte lumenul tubului digestiv şi este formată din epiteliul mucoasei, corion şi musculara mucoasei, un strat subțire de fibre musculare netede. Tunica mucoasă îndeplineşte roluri diferite, funcție de segment: (1) asigură protecția împotriva agenților patogeni; (2) secretă mucus, enzime şi hormoni; (3) asigură absorbția nutrimentelor. La nivelul mucoasei se găseşte țesut limfoid care formează *foliculi limfatici*. Aceştia sunt solitari sau

agregați, formând *amigdalele* (tonsilele) la nivelul faringelui şi *plăcile Peyer* la nivelul intestinului subțire. Aceste organe limfoide sunt dispuse în poziții strategice pentru a distruge agenții patogeni care au pătruns în organism odată cu alimentele.

Tunica submucoasă formată din țesut conjunctiv lax, conține o bogată rețea vasculară, vase limfatice şi un plex vegetativ intrinsec - *plexul submucos* (Meisnner). Acesta reglează activitatea secretorie de la nivelul tunicii mucoase.

Tunica musculară asigură motilitatea tubului digestiv. Este o tunică groasă, formată din fibre musculare striate la nivelul faringelui şi părții superioare a esofagului şi din fibre musculare netede în restul tubului digestiv. Tunica musculară este formată în general din două straturi: (1) *stratul intern*, format din fibre circulare care în anumite zone se concentrează formând sfincter şi (2) *stratul extern*, format din fibre longitudinale. Între cele două straturi musculare se găseşte *plexul vegetativ mienteric* (Auerbach), care controlează motilitatea tubului digestiv.

Tunica externă - la nivelul faringelui, esofagului superior şi a canalului anal se numeşte *adventice*, iar la nivelul celorlalte organe ale tubului digestiv este formată din *foița viscerală* a peritoneului, de unde şi denumirea de *tunică seroasă*.

Inervația tubului digestiv este asigurată de sistemul nervos vegetativ. *Inervația parasimpatică* este asigurată de *nervii vagi*, de la nivelul esofagului până la jumătatea intestinului gros şi de parasimpaticul sacral prin *nervii pelvici*, pentru restul intestinului gros. Fibrele preganglionare parasimpatice fac sinapsă la nivelul plexurilor submucos şi mienteric, iar fibrele postganglionare inervează muşchii netezi ai tubului digestiv. Stimularea parasimpaticului creşte activitatea secretorie şi motilitatea tubului digestiv. *Inervația simpatică* este asigurată de fibre simpatice postganglionare cu origine în ganglionii prevertebrali simpatici ai plexului aortic, care străbat plexurile intrinseci şi inervează musculatura netedă. Stimularea simpatică inhibă activitatea secretorie şi motilitatea tubului digestiv şi determină contracția sfincterelor de la nivelul acestuia.

CAVITATEA BUCALĂ

Este primul segment al tubului digestiv şi este formată din două porţiuni: *vestibulul bucal*, dispus între obraji şi arcadele alveolo-dentare şi *cavitatea bucală propriu-zisă*.

Cavitatea bucală comunică cu exteriorul prin *orificiul bucal*, iar posterior comunică larg cu bucofaringele, prin *istmul buco-faringian*. Cavitatea bucală prezintă superior *bolta palatină*, formată din palatul dur şi vălul palatin, care desparte cavitatea bucală de cavitatea nazală iar inferior, *planşeul bucal* pe care este ancorată limba. Cavitatea bucală este căptuşită cu *mucoasa bucală*.

În alveolele dentare de pe oasele maxilare şi mandibulă sunt fixaţi **dinţii**, organe dure, cu rol de triturare a alimentelor. Dentiţia este de două feluri: *dentiţia de lapte* formată din douăzeci de dinţi şi *dentiţia permanentă*, formată din 32 de dinţi. Dentiţia la om este *heterodontă*, dinţii fiind de mai multe tipuri, după forma şi rolul pe care îl indeplinesc în triturarea alimentelor: incisivi, canini, premolari şi molari. Dentiţia de lapte nu cuprinde premolari.

Limba, organ musculo-membranos, situat în cavitatea bucală, îndeplineşte roluri multiple. Ea este formată din vârf, corp şi rădăcină şi la suprafaţă este învelită de *mucoasa linguală*. Ca organ digestiv, limba are rol în masticaţie, în deglutiţie şi este organ senzorial gustativ. Ea participă activ la amestecarea alimentelor cu saliva, favorizând dizolvarea substanţelor sapide din alimente şi stimularea receptorilor gustativi. De asemenea, contribuie la formarea bolului alimentar şi iniţiază deglutiţia.

Mucoasa linguală prezintă pe faţa dorsală şi pe marginile limbii *papilele linguale*, dintre care papilele fungiforme, foliate şi circumvalate conţin muguri gustativi iar papilele filiforme, cele mai numeroase, au rol mecanic.
Limba are o inervaţie complexă: *inervaţia senzitivă tactilă*, *termică* şi *dureroasă* este asigurată de nervul lingual, ramură a nervului trigemen (V); *inervaţia senzorială gustativă* este asigurată pentru 2/3 anterioare ale limbii de fibrele senzitive ale nervului facial (VII) şi pentru 1/3 posterioară de fibrele senzitive ale nervilor glosofaringieni (IX) şi vagi (X); *inervaţia motorie* este asigurată de nervii hipogloşi (XII).

GLANDELE SALIVARE

Sunt glande anexe ale cavității bucale care secretă *saliva*. Glandele salivare sunt de două feluri: glande salivare mici şi glande salivare mari. *Glandele salivare mici* sunt dispuse la nivelul mucoasei bucale, iar *glandele salivare mari* (parotida, submandibulara şi sublinguala) sunt organe perechi şi se găsesc în afara cavității bucale. Ele îşi varsă produsul de secreție în cavitatea bucală, prin canale de excreție.

Glandele parotide sunt cele mai voluminoase glande salivare. Sunt dispuse între ramura mandibulei şi procesul mastoid. Canalul lor de excreție, numit *ductul parotidian* (Stenon) se deschide în vestibulul bucal, la nivelul molarului superior II.

Glandele submandibulare sunt situate sub planşeul bucal, pe fața internă a mandibulei, în *fosa submandibulară*. Canalele excretoare ale acestora se deschid de o parte şi de alta a frâului limbii, la nivelul *papilei sublinguale*.

Glandele sublinguale sunt dispuse în grosimea planşeului bucal. Îşi varsă produsul de secreție la nivelul papilelor sublinguale şi prin mici orificii la nivelul plicii sublinguale.

Glandele salivare mari sunt glande de *tip tubulo-acinos*. În structura lor se găsesc, în proporții diferite, două tipuri de celule secretoare: celule seroase şi celule mucoase. *Celulele seroase* secretă o salivă fluidă care conține enzime, iar *celulele mucoase* secretă o salivă vâscoasă, bogată în mucus. Glanda parotidă conține numai celule seroase, glanda submandibulară conține atât celule seroase cât şi mucoase, iar în glanda sublinguală predomină celulele mucoase.

Astfel, glandele parotide produc o salivă fluidă, bogată în H_2O, săruri minerale şi enzime amilolitice, glandele sublinguale produc o salivă vâscoasă, bogată în mucus şi substanțe organice, cu mai puțină apă şi săruri minerale, iar glandele glandele submandibulare au o secreție mixtă.

Rolurile salivei sunt reflectate de compoziția sa:

a) *amilaza salivară* sau *ptialina*, singura enzimă digestivă din salivă, asigură digestia glucidelor preparate termic (amidonul fiert sau copt).
b) *mucusul* sau mucina înmoaie şi lubrefiază particulele alimentare, făcându-le mai uşor de înghițit şi facilitează masticația şi vorbirea.

c) *lizozimul*, *imunoglobina A* (IgA) şi *peroxidaza* asigură igiena cavităţii bucale prin menţinerea unui pH alcalin de 7-8 (un pH acid ar inhiba amilaza salivară şi ar ataca dinţii) şi realizarea unui protecţii antimicrobiene.
d) *apa* asigură dizolvarea componentelor alimentare şi consecutiv stimularea receptorilor gustativi.

În salivă sunt prezente şi *aglutininele* sistemului de grupe sanguine ABO, cu importanţă în medicina legală.

Inervaţia glandelor salivare este vegetativă, simpatică şi parasimpatică. *Inervaţia simpatică* este asigurată de fibre simpatice postganglionare din ganglionii cervicali superiori. Stimularea simpatică determină secreţia de salivă vâscoasă. *Inervaţia parasimpatică* este asigurată pentru glandele parotide de nervii glosofaringieni (IX) şi pentru glandele submandibulare şi sublinguale de nervii faciali (VII). Stimularea parasimpatică determină secreţia de salivă seroasă, fluidă.

FARINGELE

Faringele este format din trei porţiuni: *nazofaringele* (superior) cale exclusiv respiratorie, *bucofaringele* şi *laringofaringele,* porţiuni la nivelul cărora se încrucişează calea digestivă cu calea respiratorie.

La nivelul *mucoasei faringiene* se găsesc numeroşi *foliculi limfatici,* solitari sau agregaţi, aceştia din urmă formând *amigdalele* (tonsilele). Organele limfoide formează la nivelul faringelui *inelul limfatic perifaringian* (Waldeyer), dispus strategic pentru a distruge agenţii patogeni care pătrund în organism prin alimente sau aer. La nivelul nazofaringelui, pe peretele superior, se găsesc *amigdalele faringiene* a căror inflamaţie formează *vegetaţiile adenoide* (polipii). Pe pereţii laterali ai nazofaringelui se deschid cele două trompe auditive (Eustachio) care asigură legătura cu urechea medie. La locul de deschidere al acestora se găseşte *amigdala tubară.* La nivelul bucofaringelui sunt localizate *amigdalele palatine*. La baza limbii se găseşte *amigdala lingual*ă.

Tunica musculară a faringelui este formată din cei trei *muşchi constrictori* (superior, mijlociu şi inferior), muşchi striaţi, care prin contracţie micşorează lumenul şi *muşchii longitudinali,* care ridică faringele în deglutiţie.

Tunica externă (adventicea) este formată din ţesut conjunctiv fibros.

ESOFAGUL

Esofagul este un conduct musculos care continuă faringele şi se deschide în stomac, la nivelul orificiului cardia. Are o lungime de 25-30 cm şi prezintă trei porţiuni: *cervicală*, *toracică* şi o scurtă porţiune *abdominală*. Esofagul pătrunde în cavitatea abdominală prin *hiatusul esofagian* al muşchiului diafragm, fiind însoţit de nervii vagi. Tunica mucoasă a esofagului prezintă *cute longitudinale,* care permit dilatarea sa la trecerea bolului alimentar spre stomac.

Celelalte organe ale tubului digestiv, împreună cu ficatul şi pancreasul, se găsesc în *cavitatea abdomino-pelvină*. La nivelul acesteia se găseşte ***peritoneul***, cea mai întinsă membrană seroasă a organismului. Peritoneul permite mobilitatea organelor abdominale iar prin pliurile sale, ancorează organele digestive de peretele posterior al cavităţii sau unele de altele.
Peritoneul este format, întocmai ca şi pleura, din două foiţe care se continuă una cu cealaltă: *foiţa parietală* - căptuşeşte pereţii cavităţii abdomino-pelvine şi *foiţa viscerală* - înveleşte în întregime sau numai parţial organele din cavitate. Între cele două foiţe se găseşte *cavitatea peritoneală* care conţine aproximativ 100 ml lichid peritoneal.
În funcţie de raportul cu peritoneul, organele digestive pot fi: organe *intraperitoneale* - porţiunea abdominală a esofagului, stomacul, intestinul subţire, colonul transvers şi sigmoid, ficatul şi coada pancreasului şi organe *retroperitoneale* - duodenul, capul şi corpul pancreasului, colonul ascendent şi colonul descendent.

!! Peritoneul este bogat inervat, astfel încât lezarea sau inflamaţia sa, numită *peritonită,* este însoţită de dureri intense.

STOMACUL

Stomacul, porţiunea cea mai dilatată a tubului digestiv, este un organ intraperitoneal şi mobil. Se întinde între esofag, cu care comunică prin *orificiul cardia,* până la duoden cu care comunică prin *orificiul piloric*, prevăzut cu *sfincterul piloric*.

MORFOLOGIA EXTERNĂ

Stomacul prezintă o față anterioară, o față posterioară şi două margini - marginea dreaptă, numită *mica curbură* şi marginea stângă, *marea curbură*. Stomacul are două porțiuni (1) *porțiunea verticală* formată din: regiunea cardială, în vecinătatea orificiului cardia, fornix-ul şi corpul stomacului şi (2) *porțiunea orizontală* formată din: antrul piloric şi canalul piloric, care se continuă cu duodenul (Fig. 8.3).

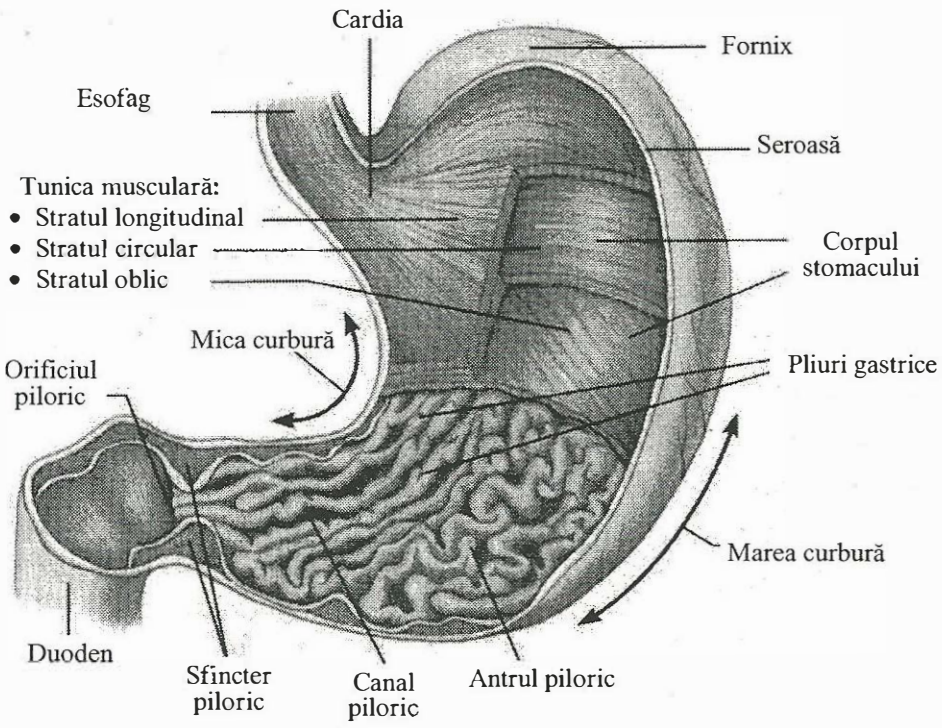


Figura 8.3. Stomacul (după Marieb, 1998).

STRUCTURA STOMACULUI

Peretele stomacului este format din cele patru tunici, care prezintă la acest nivel unele particularități. Astfel, tunica musculară prezintă un al treilea strat muscular profund, *stratul oblic* (Fig. 8.3).

Tunica mucoasă prezintă numeroase pliuri, longitudinale la nivelul corpului şi orizontale la nivelul antrului şi canalului piloric. Mucoasa este lipsită de cute la nivelul micii curburi. La suprafața mucoasei gastrice se găsesc milioane de

orificii sau *foveole gastrice,* în care se deschid glandele gastrice, secretoare de *suc gastric.*

Glandele gastrice sunt de mai multe feluri, după localizarea lor la nivelul mucoasei: *glande cardiale*, *glande gastrice propriu-zise* (dispuse la nivelul fornixului şi corpului stomacului) şi *glande pilorice.*

În structura glandelor gastrice propriu-zise, intră mai multe tipuri de celule secretoare: *celule principale* care secretă pepsinogen, *celule parietale* care secretă HCl şi factorul intrinsec Castle, o glicoproteină cu rol esențial în absorbția vitaminei B12 la nivelul intestinului subțire, *celule secretoare de mucus* şi *celule entero-endocrine,* dintre care fac parte şi *celulele G*, secretoare de gastrină şi alți hormoni peptidici. Aceştia trec în sânge şi modulează activitatea motorie şi secretorie a stomacului şi a duodenului (Fig. 8.4).
Glandele cardiale şi pilorice sunt, în principal, glande secretoare de mucus.

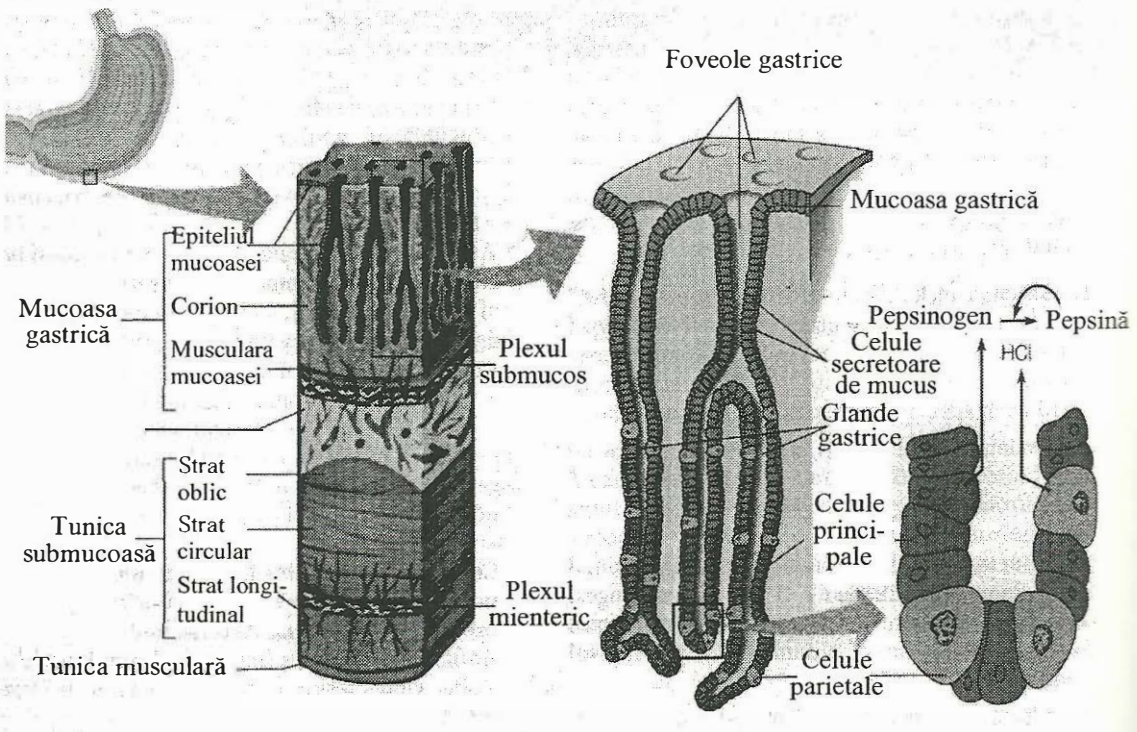


Figura 8.4. Structura peretelui gastric şi a glandelor gastrice
(după Marieb, 1998).

Mucoasa gastrică este supusă unor condiții deosebit de dure, deoarece sucul gastric are un pH acid, de 1,5-3,5 iar enzimele digestive o pot autodigera.

Prezența unei mari cantități de mucus, care formează o *barieră alcalină* și a joncțiunilor intercelulare ocluzive dintre celulele epiteliale ale mucoasei, asigură o protecție optimă a acesteia. De asemenea, celulele mucoasei gastrice sunt înlocuite la 3-5 zile, prin diviziunea unor celule-stem nediferențiate.

INTESTINUL SUBȚIRE

Intestinul subțire este cel mai lung segment al tubului digestiv. Se întinde de la orificiul piloric până la *valva ileo-cecală*, unde se continuă cu intestinul gros. Prezintă două porțiuni: duodenul și intestinul liber (mezenterial).

Duodenul constituie prima parte a intestinului subțire și este un organ retroperitoneal. Are o lungime de aproximativ 25 cm și se curbează în jurul capului pancreasului. Se întinde de la orificiul piloric până la *flexura duodeno-jejunală*. În duoden se varsă atât *bila* secretată de ficat, cât și *sucul pancreatic* secretat de pancreasul exocrin. La nivelul mucoasei duodenale se găsesc două proeminențe, numite papile duodenale: (1) *papila duodenală mare* la nivelul căreia se varsă, reunite, canalul coledoc și canalul pancreatic principal (Wirsung), care formează *ampula hepato-pancreatică* (Vater). La acest nivel se găsește sfincterul muscular Oddi. (2) *papila duodenală mică* situată superior de precedenta, în care se deschide *canalul pancreatic accesoriu* (Fig. 8.9).

La nivelul submucoasei se găsesc *glandele Brunner*, caracteristice duodenului, care secretă mucus alcalin, cu rol de neutralizare a acidității chimului gastric.

Intestinul liber (mezenterial) este format din *jejun* și *ileon*. Este porțiunea intraperitoneală și mobilă a intestinului subțire, fiind ancorat de peretele posterior al cavității abdominale printr-un pliu peritoneal, numit *mezenter*. Acesta asigură mobilitatea intestinului și constituie calea de acces a vaselor de sânge, limfaticelor și nervilor. Din cauza lungimii sale (5-6m), intestinul subțire formează *anse intestinale*, cu dispoziție orizontală în jejun și verticală în ileon.

Particularități structurale ale intestinului subțire. Intestinul subțire este adaptat perfect funcției sale principale, aceea de *absorbție a nutrimentelor*.
Astfel, lungimea sa oferă o mare suprafață de absorbție, la care se adaugă ***trei particularități structurale*** ale mucoasei și submucoasei: *plicile circulare Kerkring*, *vilozitățile intestinale* și *microvilii* de la polul apical al celulelor

mucoasei intestinale. Toate aceste modificări structurale măresc considerabil suprafața totală de absorbție, care se consideră a fi de aproximativ 200 m^2. Absorbția nutrimentelor (produşii finali ai digestiei) se face cu precădere în partea proximală a intestinului subțire, astfel încât modificările structurale amintite descresc în număr spre capătul distal (Fig. 8.5).

Plicile circulare sunt cute transversale ale mucoasei şi submucoasei intestinale, cu o înălțime de ~1cm.

Vilozitățile intestinale sunt diverticuli epiteliali ai mucoasei intestinale, cu o înălțime de ~1mm. Sunt în număr de ~4milioane, mai numeroase şi mai proeminente în duoden şi jejun, numărul şi dimensiunile lor decrescând în ileon. Mucoasa intestinală de la suprafața vilozităților are un epiteliu cilindric unistratificat, în alcătuirea căruia intră mai multe tipuri de celule: *celule intestinale* (enterocite) cu rol în absorbție, *celule secretoare* de mucus şi *celule entero-endocrine*, secretoare de *enterogastronă*. În axul vilozității se găsesc o arteriolă, o rețea de capilare, o venulă şi un capilar limfatic numit *chiliferul central*. În vilozitate pătrund şi fibre musculare proprii ale mucoasei care se contractă ritmic, permițând un contact mai îndelungat între chilul intestinal şi suprafața vilozității.
Enterocitele din partea apicală (vârful) a vilozităților se descuamează continuu şi sunt înlocuite cu celule noi, care se formează la baza vilozităților intestinale. Astfel, epiteliul intestinal este înlocuit la fiecare 3-6 zile.

Microvilii sunt prelungiri ale membranei plasmatice de la polul apical al enterocitelor. Ei formează aşa-numita "*margine în perie*", cu rol în mărirea suprafeței celulare de absorbție. Enzimele digestive rămân cantonate la nivelul microvililor (enzimele marginii în perie) şi definitivează digestia glucidelor (dizaharidaze) şi a proteinelor (peptidaze).

La nivelul tunicii mucoase a intestinului subțire se găsesc numeroşi *foliculi limfatici* şi *glande intestinale*. Foliculii limfatici sunt solitari la nivelul duodenului şi jejunului şi agregați, formând *plăcile Peyer* la nivelul ileonului.

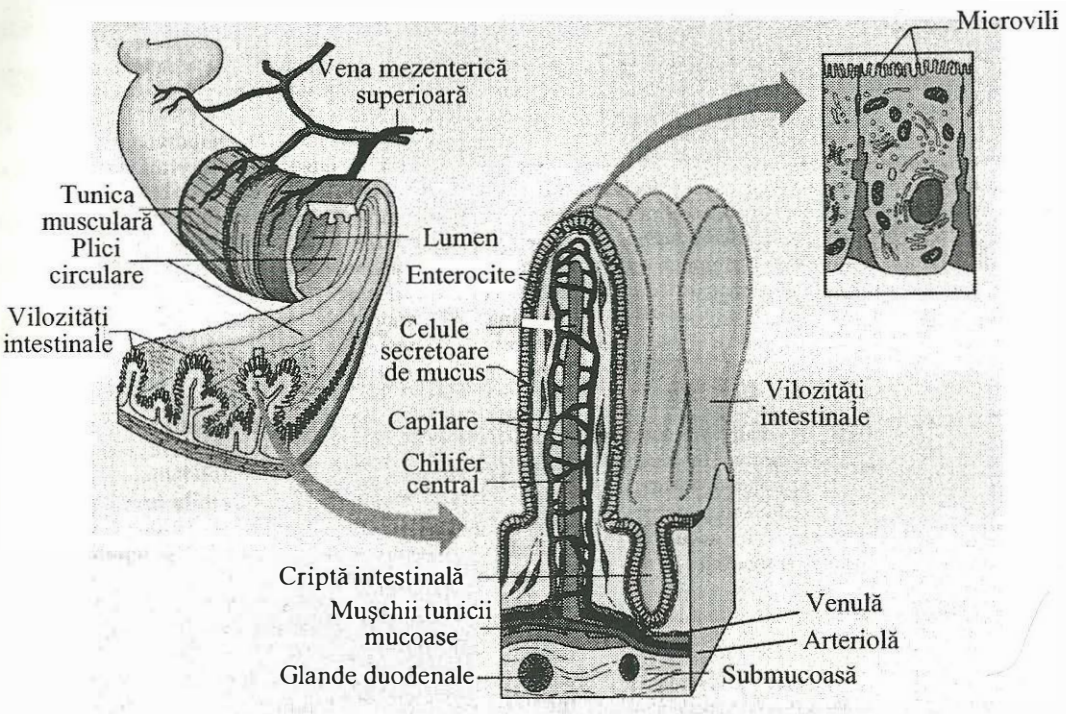


Figura 8.5. Particularități strucurale ale intestinului subțire (după Marieb, 1998).

Glandele intestinale. La baza vilozităților intestinale se deschid glandele intestinale sau criptele intestinale (Lieberkühn). Acestea sunt prelungiri tubulare ale mucoasei intestinale între vilozități, care nu ajung în submucoasă. Celulele intestinale care mărginesc criptele secretă *sucul intestinal* care conține apă şi mucus şi este sărac în enzime, deoarece acestea rămân cantonate la nivelul microvililor. În profunzimea criptelor intestinale se găsesc şi *celulele Paneth* care secretă *lizozim*, o enzimă cu rol în apărarea antibacteriană. Toate tipurile de celule de la nivelul mucoasei intestinale se formează prin diviziunea unor celule-stem situate la nivelul criptelor. Enterocitele nou-formate migrează de-a lungul vilozității spre vârf, unde se descuamează continuu.

Vascularizația intestinului subțire. Vascularizația arterială a duodenului este asigurată de *arterele pancreatico-duodenale*. Vascularizația intestinului liber este asigurată de *artera mezenterică superioară*, ramură viscerală a aortei abdominale. Artera mezenterică superioară dă numeroase ramuri intestinale care pătrund în mezenter. Sângele venos de la nivelul intestinului subțire este

colectat de *vena mezenterică superioară*, care transportă sângele încărcat cu nutrimente la vena portă.

Inervația intestinului subțire este asigurată de fibre parasimpatice vagale şi de fibre simpatice provenite din nervii splanhnici.

INTESTINUL GROS

Intestinul gros este porțiunea terminală a tubului digestiv. Are o lungime de 1,7 m şi un diametru de 6,5 cm. Se întinde de la *valva ileo-cecală* până la *orificiul anal*. Intestinul gros are trei segmente: cecul, colonul şi rectul.

Cecul, porțiunea inițială a intestinului gros, este situat inferior de valva ileo-cecală, în fosa iliacă dreaptă. Are formă de fund de sac şi prezintă pe peretele postero-medial un diverticul numit *apendice vermiform*. La nivelul acestuia se găsesc numeroşi foliculi limfatici. Inflamația apendicelui se numeşte **apendicită**.

Colonul se găseşte în continuarea cecului şi se întinde până la rect. Este dispus sub forma unui cadru, numit *cadrul colic* şi prezintă patru porțiuni: colonul ascendent, transvers, descendent şi colonul sigmoid.
Colonul ascendent urcă pe partea dreaptă a abdomenului până pe fața inferioară a ficatului, unde face un unghi, numit *unghiul colic drept* (hepatic). Este situat retroperitoneal.
Colonul transvers se întinde de la unghiul colic drept la *unghiul colic stâng* (splenic). Este un organ intraperitoneal şi mobil, fiind ancorat de peretele posterior al abdomenului printr-un pliu peritoneal numit *mezocolonul transvers*.
Colonul descendent coboară pe partea stângă a abdomenului până în fosa iliacă stângă, unde se continuă cu colonul sigmoid. Este un organ retroperitoneal.
Colonul sigmoid are forma literei S şi este situat intraperitoneal, ancorat prin *mezosigmoid* de peretele abdominal posterior (Fig. 8.6).
Rectul este ultima porțiune a intestinului gros. El continuă colonul sigmoid în dreptul vertebrei sacrale 3 şi se termină cu *orificiul anal*. Prezintă două porțiuni (1) *ampula rectală* - porțiunea inițială, mai dilatată şi (2) *canalul anal* care străbate peretele inferior al cavității abdomino-pelvine (perineul) şi se termină

cu *anusul*. În partea inferioară a canalului anal se găsesc două sfinctere musculare: (1) *sfincterul anal intern* (involuntar) este format din fibre musculare netede şi inervat de fibre vegetative simpatice (determină contracţia sa) şi fibre parasimpatice (determină relaxarea sa) şi (2) *sfincterul anal extern* (voluntar) este format din fibre musculare striate, inervate de fibre somatomotorii ale nervului ruşinos intern. La nivelul submucoasei canalului anal se găsesc două plexuri venoase numite *plexurile hemoroidale*.

Hemoroizii sunt dilataţii de tip varicos ale venelor hemoroidale.

Pe toată lungimea sa, intestinul gros prezintă unele *particularităţi structurale*: teniile musculare, plicile semilunare, haustrele şi ciucurii epiploici (Fig. 8.6).

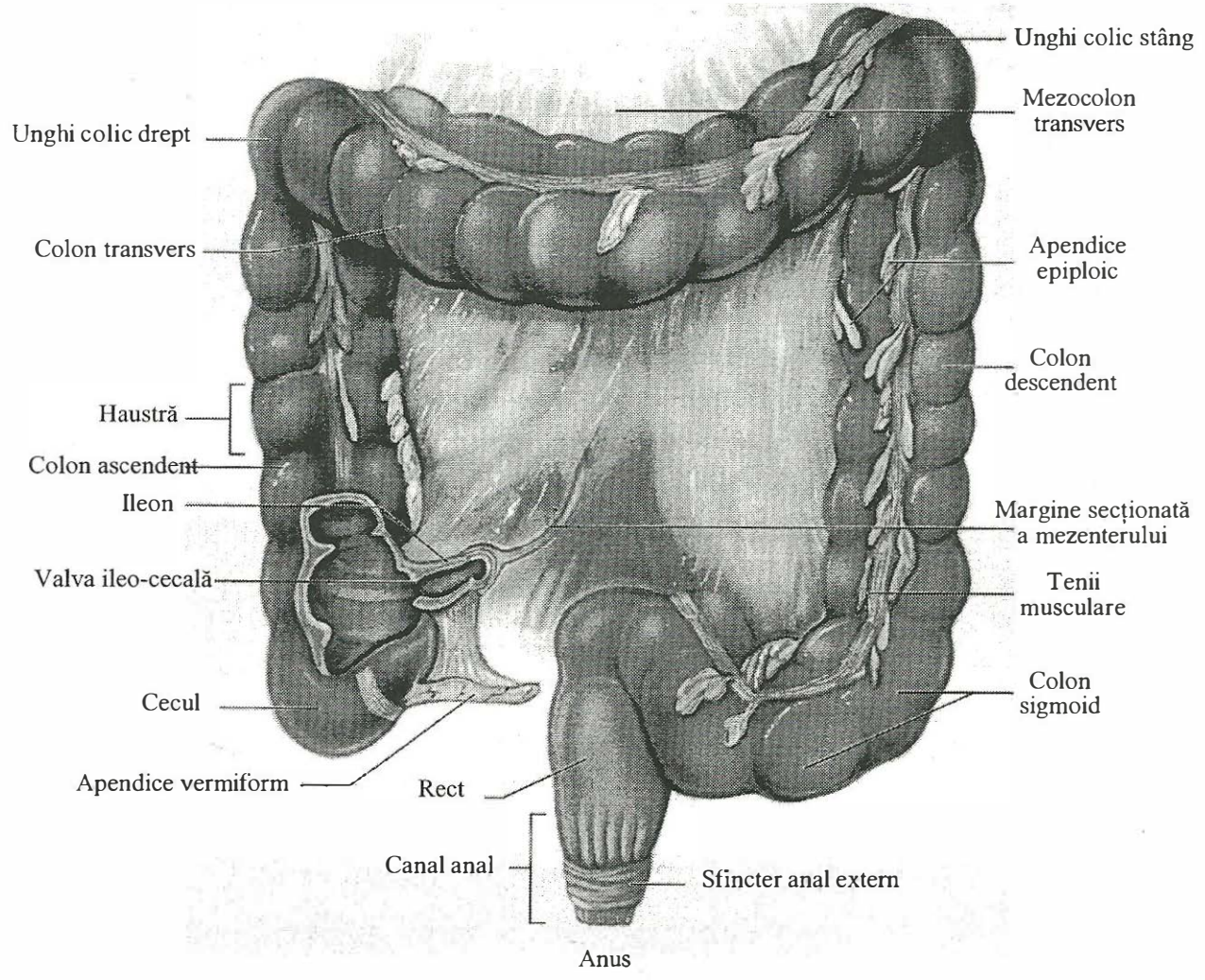


Figura 8.6. Morfologia externă a intestinului gros (după Marieb, 1998).

Teniile sunt trei benzi musculare rezultate din concentrarea fibrelor musculare longitudinale, situate în lungul intestinului gros, de la cec la colonul sigmoid. *Plicile semilunare* sunt cute transversale ale mucoasei şi submucoasei care proemină în lumenul intestinului. *Haustrele* sunt porţiuni dilatate ale peretelui care proemină spre exterior, separate între ele prin şanţuri transversale care corespund în interior plicilor semilunare. *Ciucurii* sau *apendicii epiploici* sunt prelungiri ale peritoneului care conţin ţesut adipos, situate de-a lungul teniilor. Rolul lor nu este cunoscut.

Glandele anexe ale tubului digestiv situate în cavitatea abdominală sunt: ficatul şi pancreasul exocrin.

FICATUL

Ficatul este cea mai mare glandă anexă a tubului digetiv, cântărind ~1,5 kg. Este situat inferior de muşchiul diafragm, unde ocupă un spaţiu numit *loja hepatică*. Este un organ intraperitoneal.

MORFOLOGIA EXTERNĂ

Ficatul prezintă o faţă superioară (diafragmatică), o faţă inferioară (viscerală), o margine anterioară care ajunge la rebordul costal şi o margine posterioară.
Faţa diafragmatică este împărţită de *ligamentul falciform* (pliu peritoneal) în doi lobi hepatici, drept şi stâng.
Faţa viscerală prezintă trei şanţuri, două antero-posterioare, drept şi stâng şi unul transvers, dispuse sub forma literei H. Acestea împart faţa inferioară în patru lobi: lobul drept, lobul stâng, lobul pătrat (anterior) şi lobul caudat (posterior). La nivelul şanţului transvers se găseşte *hilul hepatic,* locul de intrare şi ieşire a elementelor *pediculului hepatic*: artera hepatică, vena portă, canalul hepatic comun, limfatice şi nervi (Fig. 8.7).

În jumătatea anterioară a şanţului drept este situată *vezica biliară*, iar în jumătatea posterioară trece vena cavă inferioară. La nivelul şanţului antero-posterior stâng sunt dispuse resturi fibrozate ale unor vase de sânge din perioada fetală.

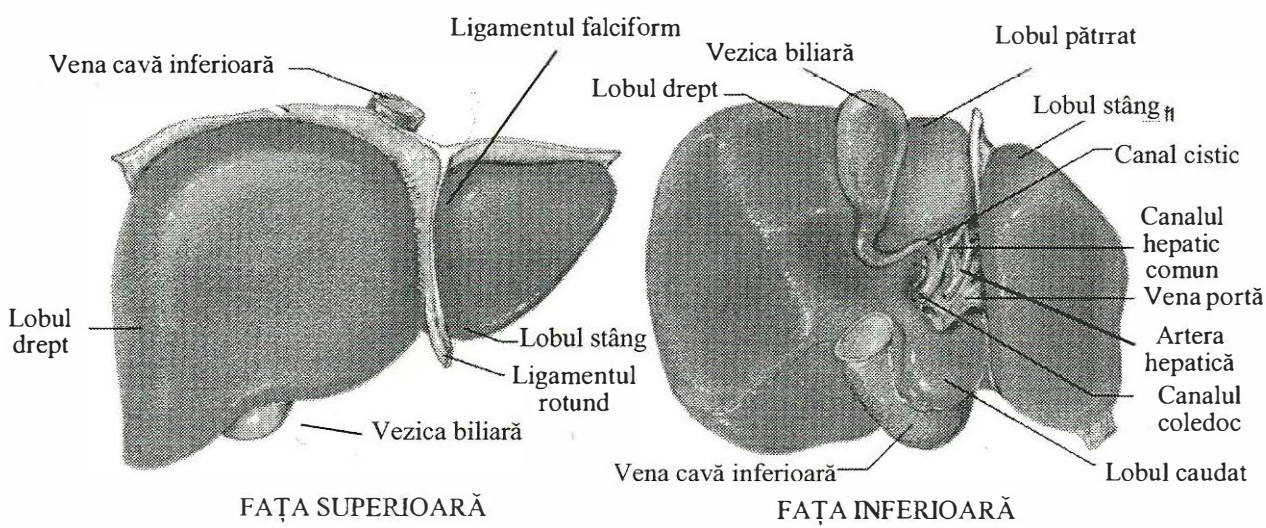


Figura 8.7. Morfologia externă a ficatului (după Shier, Butler, Lewis, 1999).

STRUCTURA FICATULUI

Ficatul este învelit la exterior într-o *capsulă fibroasă* (Glisson), greu extensibilă. Aceasta trimite în interiorul parenchimului hepatic septuri care delimitează *lobulii hepatici*, unitățile structurale şi funcționale ale fîcatului. La nivelul ficatului se găsesc în jur de 1 milion de lobuli hepatici.

Lobulul hepatic este o structură hexagonală cu o înălțime de 2 mm şi un diametru de 0,7 mm. Celulele hepatice (hepatocitele) formează în interiorul lobulului *cordoane radiare* dispuse în jurul unei *vene centrolobulare,* situată în lungul axului longitudinal al acestuia. Între lobuli se formează *spațiile portale* în care se găsesc trei elemente structurale, care formează aşa-numita *triadă portală*: o ramură a venei porte (care aduce sânge funcțional încărcat cu nutrimente), o ramură a arterei hepatice (care aduce sânge oxigenat) şi un canal biliar interlobular (Fig. 8.8)

Ramura venei porte (venula) din spațiul portal pătrunde în interiorul lobulului şi se capilarizează, dând naştere *capilarelor sinusoide,* care se deschid în vena centrolobulară.

Capilarele sinusoide constituie un tip special de capilare, cu lumen neregulat şi endoteliu discontinuu. La nivelul sinusoidelor hepatice se găsesc *celule Kupffer* cu rol fagocitar.

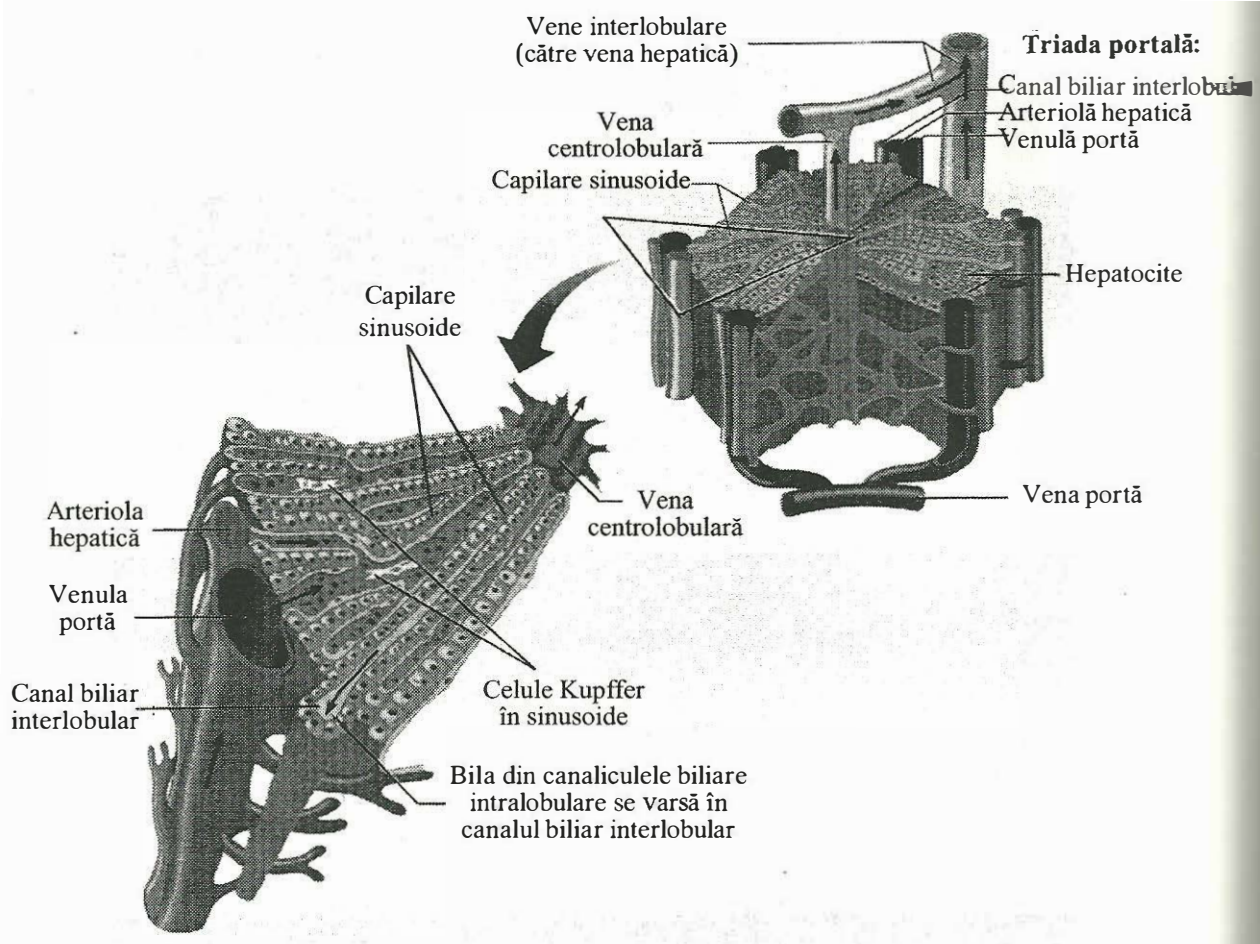


Figura 8.8. Lobulul hepatic (după Marieb, 1998).

Venele centrolobulare din mai mulți lobuli se unesc şi formează în final *2-3 vene hepatice,* care părăsesc ficatul la nivelul marginii posterioare şi se varsă în vena cavă inferioară.

Ramura arterei hepatice (arteriola hepatică) din spațiul portal formează şi ea ramificații care pătrund în lobul şi la periferia acestuia se varsă în capilarele sinusoide.

Astfel, la nivelul hepatocitelor ajunge *sânge amestecat,* care conține atât oxigen (adus de artera hepatică), cât şi substanțe nutritive, absorbite la nivelul intestinului subțire, care ajung la ficat prin vena portă.

Celulele hepatice sunt aşezate în cordoane dispuse în ochiurile rețelei de capilare. Ele prezintă un *pol vascular* în raport cu capilarul sinusoid şi un *pol biliar*

în raport cu *canaliculul biliar intralobular*, al cărui perete îl formează. În canaliculele biliare celulele hepatice își varsă continuu produsul de secreție - *bila*. Canaliculele biliare capătă pereți proprii la ieșirea din lobul și confluează pentru a forma *canalele biliare interlobulare* din spațiile portale. Acestea se unesc progresiv și în final se termină prin *canalele hepatice, drept* și *stâng*. Toate structurile amintite cu rol de conducere a bilei formează *căile biliare intrahepatice* (Fig. 8.8).

Vascularizația ficatului este dublă, nutritivă și funcțională.

Vascularizația nutritivă este asigurată de *artera hepatică*, ramură din trunchiul celiac. Artera hepatică se împarte în arteră hepatică dreaptă și stângă și prin ramificații succesive formează ramurile interlobulare din spațiile portale. Acestea pătrund în lobul și se varsă în capilarele sinusoide.
Vascularizația funcțională este asigurată de *vena portă* care aduce la ficat sânge încărcat cu nutrimente, absorbite la nivelul intestinului subțire. Vena portă începe printr-o rețea de capilare la nivelul tubului digestiv și sfârșește prin capilarele sinusoide de la nivelul ficatului.

CĂILE BILIARE

Căile biliare formează un sistem de canale prin care bila, secretată la nivelul ficatului, ajunge în duoden. Căile biliare sunt: căi intrahepatice și extrahepatice.

Căile biliare intrahepatice, descrise la structura ficatului, se termină prin cele două canale hepatice, drept și stâng, care colectează bila de la nivelul celor 2 lobi hepatici.

Căile biliare extrahepatice - cele *două canale hepatice drept* și *stâng* se unesc și formează *canalul hepatic comun,* care iese din ficat la nivelul hilului și se continuă cu *canalul coledoc*. Acesta se deschide în duoden, împreună cu canalul pancreatic principal, la nivelul papilei duodenale mari. Canalul hepatic comun și canalul coledoc constituie *calea biliară principală*.
Calea biliară secundară sau *diverticulară* este formată din *vezica biliară* (colecistul) și *canalul cistic*. Bila secretată continuu de hepatocite ajunge prin canalul cistic în vezica biliară, unde este depozitată în perioadele interdigestive. Canalul cistic se formează la limita dintre canalul hepatic comun și canalul coledoc. La nivelul vezicii biliare are loc concentrarea bilei (prin absorbția apei

şi a electroliților) şi îmbogățirea ei cu mucină, secretată de epiteliul vezicii. Ajunsă în duoden, bila participă prin *sărurile biliare* conținute la digestia şi absorbția lipidelor. Nu conține enzime digestive (Fig. 8.9).

PANCREASUL

Pancreasul este o glandă anexă a tubului digestiv. Are o formă alungită şi este format din cap, corp (situate retroperitoneal) şi coadă. Este o glandă mixtă, cu dublă funcție, exocrină şi endocrină.

Partea exocrină a pancreasului este formată din *acinii pancreatici* care secretă *sucul pancreatic*. Acesta ajunge în duoden prin două canale pancreatice: *canalul pancreatic principal (Wiersung)* care se deschide împreună cu canalul coledoc la nivelul papilei duodenale mari şi *canalul pancreatic accesoriu (Santorini)* care se deschide la nivelul papilei duodenale mici.

Sucul pancreatic conține enzime digestive *proteolitice*, *amilolitice* şi *lipolitice*, şi *bicarbonat de sodiu*, care neutralizează aciditatea chimului gastric ajuns în duoden.

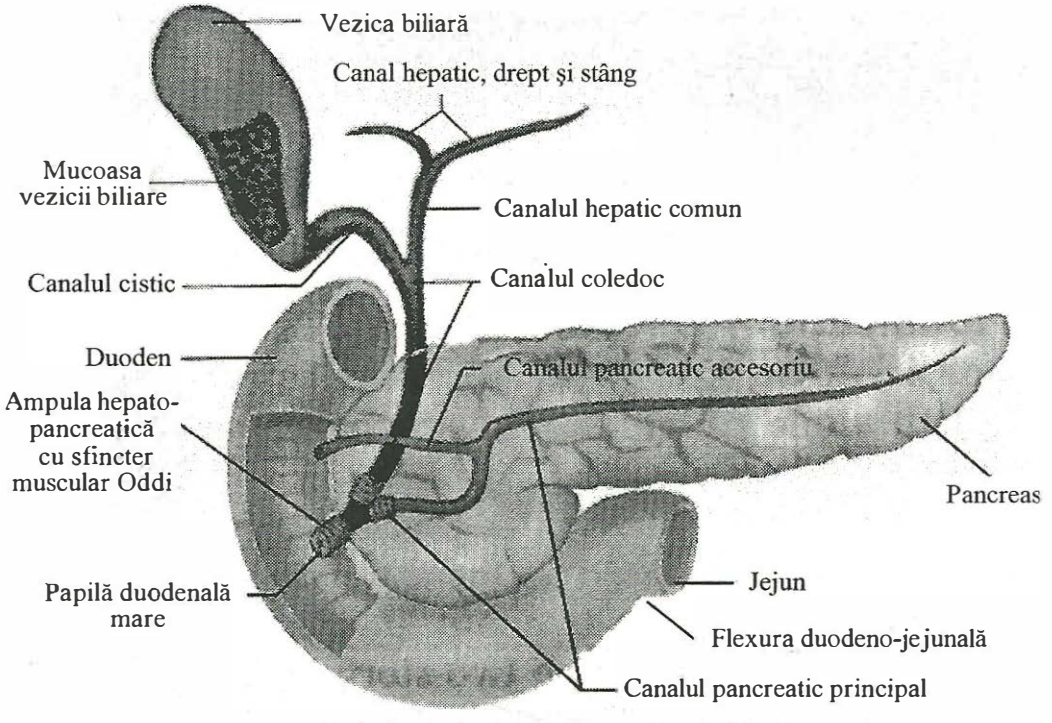


Figura 8.9. Căile biliare extrahepatice şi pancreasul
(după Marieb, 1998).

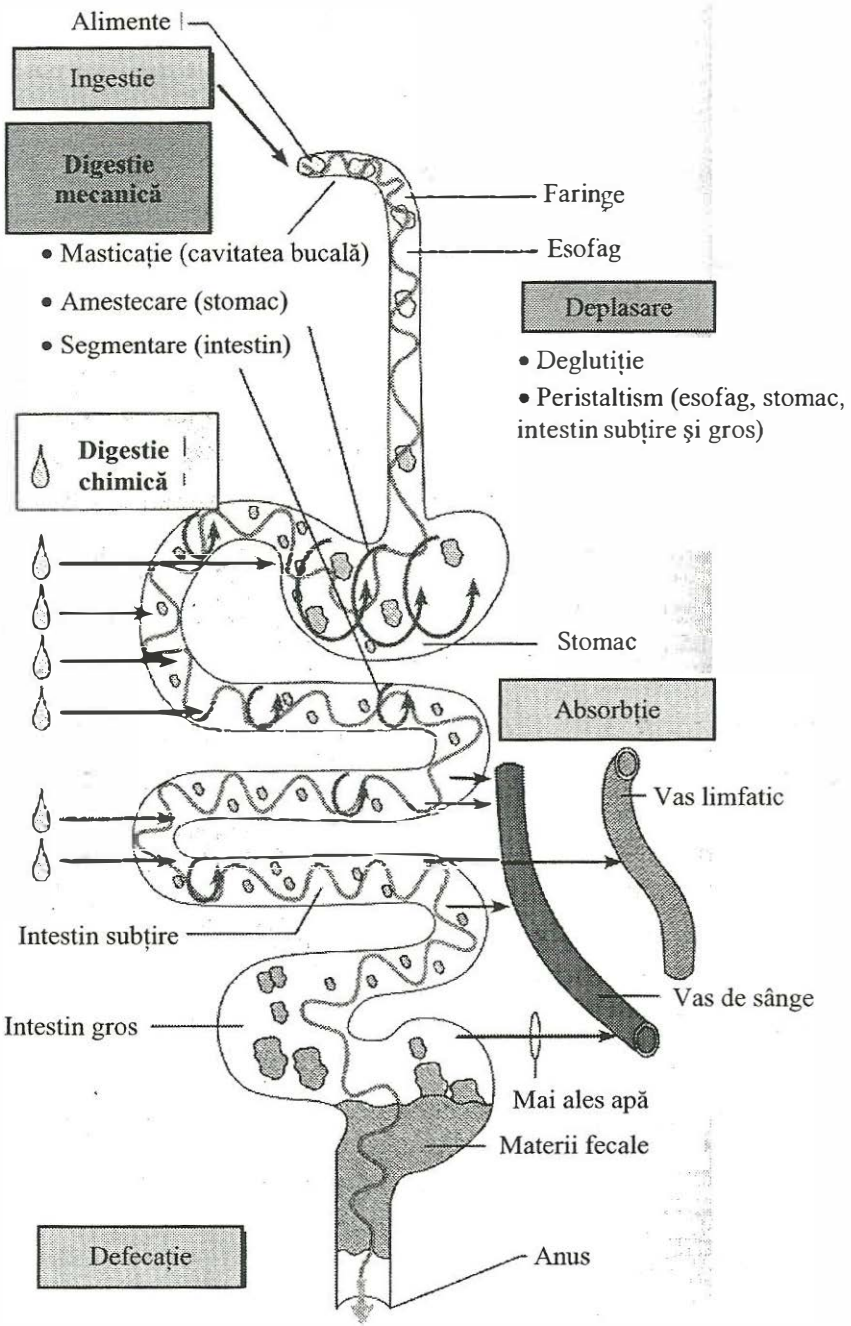


Figura 8.10. Procesele digestive în diferite segmente ale tubului digestiv. Alimentele ingerate sunt supuse la nivelul tubului digestiv unor modificări mecanice, chimice (digestia gastrică și intestinală), proceselor de absorbție și defecație (după Marieb, 1998).

Modificările pe care le suferă alimentele la diferitele nivele ale tubului digestiv sunt următoarele: în cavitatea bucală alimentele sunt mărunțite şi amestecate cu saliva prin procesul de *masticație*. Singura enzimă digestivă conținută în salivă este amilaza salivară, care acționează asupra amidonului preparat termic. *Bolul alimentar* rezultat în urma masticației este transportat apoi prin faringe şi esofag în stomac, prin procesul de *deglutiție*.

În stomac, se produce *digestia gastrică* cu două etape: etapa mecanică, sub acțiunea musculaturii din peretele gastric şi etapa chimică, sub acțiunea sucului gastric, care conține enzime digestive.
În urma digestiei gastrice rezultă *chimul gastric,* care este evacuat intermitent în duoden, prima porțiune a intestinul subțire. În intestinul subțire se desfăşoară *digestia intestinală*: la nivelul duodenului au loc modificări chimice sub acțiunea enzimelor conținute în sucul pancreatic (pentru glucide, proteine şi lipide) şi fizice, de emulsionare, pentru lipide, sub acțiunea bilei. Compuşii nedigerați în duoden sunt propulsați la nivelul jejunului, unde continuă digestia chimică sub acțiunea enzimelor intestinale. Produşii rezultați din digestia intestinală vor fi *absorbiți* în sânge sau limfă.

În intestinul gros se formează *materiile fecale* care vor fi eliminate prin *defecație* (Fig. 8.10).

CAPITOLUL IX. **SISTEMUL URINAR**

În urma proceselor metabolice desfăşurate la nivelul celulelor rezultă, alături de energia necesară şi produşi intermediari şi finali, care sunt inutili sau toxici pentru organism şi care trebuie eliminaţi. Îndepărtarea din organism a acestora se realizează prin *funcţia de excreţie*, asigurându-se astfel menţinerea constantă a compoziţiei mediului intern – homeostazia.

La realizarea funcţiei de excreţie a organismului participă mai multe sisteme: la nivelul plămânilor se elimină dioxidul de carbon şi substanţe volatile, prin intermediul bilei, secretată de ficat, se elimină produşi toxici endogeni sau exogeni, iar glandele sudoripare elimină produşi metabolici inutili. Dar cel mai important organ excretor este rinichiul. La nivelul rinichilor are loc *procesul de filtrarea* a plasmei sanguine şi eliminarea selectivă prin urină a substanţelor inutile şi toxice şi păstrarea celor utile în organism. În paralel cu procesul de formare a urinei, sistemul urinar reglează volumul plasmatic (contribuind indirect la reglarea presiunii sanguine), concentraţia produşilor de catabolism din sânge, concentraţia de electroliţi (Na^+, K^+, HCO_3^- şi alţi ioni) din plasmă şi pH-ul plasmatic.

Rinichii au şi *funcţie endocrină*, ei secretând o serie de substanţe cu rol de hormoni, cum ar fi: renina, eritropoietina, aceasta având rolul de a stimula formarea de hematii (eritropoieza) şi un hormon implicat în metabolismul calciului.

Sistemul urinar este alcătuit din ***rinichi***, la nivelul cărora se formează urina şi din ***căile urinare,*** prin care aceasta este eliminată la exterior.

RINICHIUL

Rinichii sunt localizaţi retroperitoneal în cavitatea abdominală, de o parte şi de alta a coloanei vertebrale, rinichiul drept fiind situat mai jos decât cel stâng. Sunt situaţi la nivelul *lojilor renale,* înveliţi în *fascia renală,* care acoperă şi

glandele suprarenale de la polul lor superior. Între fascia renală şi rinichi se găseşte ţesut adipos *perirenal,* cu rol protector.

MORFOLOGIA EXTERNĂ A RINICHIULUI

Rinichiul are formă de bob de fasole şi prezintă: *doi poli*, superior şi inferior, *două feţe,* anterioară şi posterioară, *două margini,* una laterală convexă şi una medială concavă, la nivelul căreia se găseşte ***hilul renal***. Prin hilul renal intră şi ies elementele *pediculului renal*: artera renală, vena renală, pelvisul renal, limfatice şi nervi. Hilul se continuă în interiorul rinichiului cu o cavitate, numită *sinus renal*.

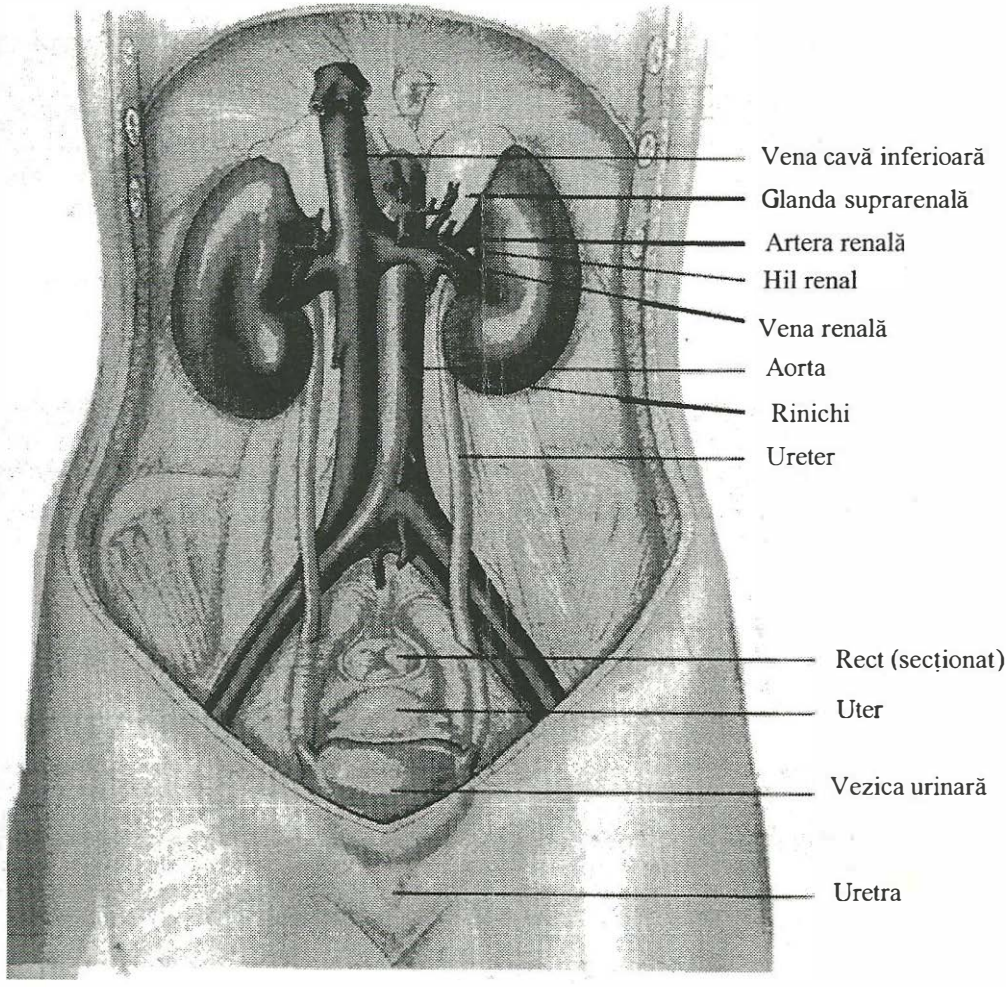


Figura 9.1. Rinichii şi căile urinare (după Marieb, 1 998).

STRUCTURA RINICHIULUI.

La exterior, rinichiul este învelit într-o *capsulă fibroasă* inextensibilă, sub care se găseşte un strat subţire, discontinuu, de fibre musculare netede.
Parenchimul renal prezintă două zone: *zona corticală* (cortexul renal) dispusă la periferie şi *zona medulară,* dispusă central (Fig. 9.2).

Zona medulară este formată din 7-14 *piramide renale* (Malpighi) cu aspect triunghiular pe secţiune, orientate cu vârful spre sinusul renal şi cu baza spre zona corticală. La nivelul piramidelor Malpighi se observă striaţii longitudinale determinate de *tubii colectori* (Bellini). Vârful piramidei Malpighi, numit *papilă renală,* prezintă 15-20 de orificii prin care urina trece din tubii colectori în *caliciile mici,* care înconjoară fiecare papilă renală în parte.
Între cele două zone ale parenchimului renal nu există o limită netă. Astfel, corticala se prelungeşte printre piramidele Malpighi, formând *coloanele Bertin.*

De la baza piramidelor Malpighi pătrund în corticală mici expansiuni ale medularei, de formă piramidală, numite *piramidele Ferrein (striile medulare).* Acestea sunt în număr de 300-500 pentru fiecare piramidă renală. Între piramidele Ferrein se găseşte substanţă corticală, care constituie aşa-numitul *labirint (pars convoluta),* format din corpusculi renali, tubi contorţi şi vase de sânge (Fig. 9.2).

Morfo-funcţional, rinichiul este împărţit în *lobi* şi *lobuli renali.*
O piramidă Malpighi împreună cu piramidele Ferrein dependente şi toată corticala aflată deasupra până la capsula fibroasă formează un *lob renal.* Numărul lobilor este astfel egal cu numărul piramidelor Malpighi.
O piramidă Ferrein şi substanţa corticală care o înconjoară formează un *lobul renal.*

Nefronul este unitatea de structură şi funcţie a rinichiului, la nivelul căruia are loc formarea urinii. Se estimează că numărul nefronilor este de 2 milioane în cei doi rinichi. După dispunerea lor, nefronii pot fi corticali sau juxtamedulari. *Nefronii corticali* sunt cei mai numeroşi, reprezentând 85% dintre nefroni şi sunt situaţi aproape în întregime în zona corticală, cu excepţia unei scurte porţiuni a tubului lor urinar (ansa Henle) care pătrunde în medulară. *Nefronii juxtamedulari* (15%) sunt localizaţi la limita dintre corticală şi medulară şi au rol important în procesul de concentrare al urinii.

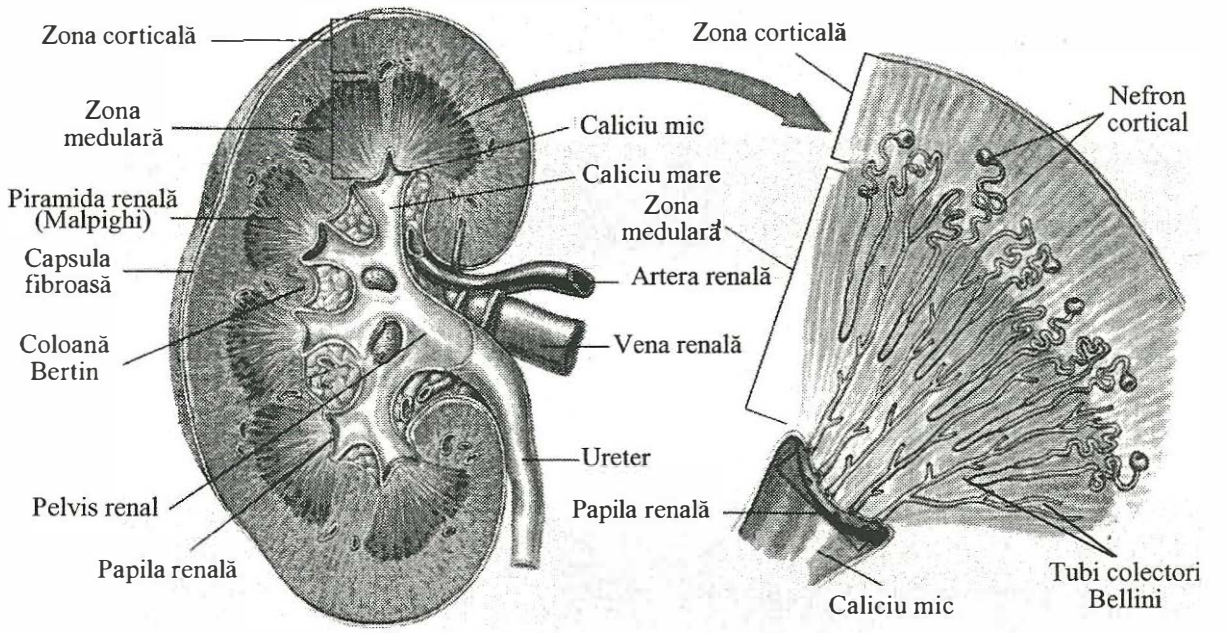


Figura 9.2. Structura rinichiului (după Van De Graaff, Fox, 1999).

Nefronul este format din două porțiuni: *corpusculul renal Malpighi* şi *tubul renal* (urinar) *propriu-zis*.

Corpusculul renal este situat în zona corticală şi este format din capsula Bowman şi glomerulul vascular (Fig. 9.3)

Capsula Bowman este o capsulă epitelială cu perete dublu. Prezintă doi poli: polul vascular şi polul urinar.

Polul vascular reprezintă locul pe unde intră arteriola aferentă şi iese arteriola eferentă. *Arteriola aferentă*, ramură terminală a arterei renale, se capilarizează în interiorul capsulei şi formează *glomerulul vascular,* constituit din aproximativ *50 de anse capilare* neanastomozate între ele. Peretele capilarelor glomerulare prezintă pori de dimensiuni mari (fenestre). Din acest motiv ele sunt de 100-400 de ori mai permeabile decât alte tipuri de capilare. Capilarele glomerulare se unesc şi formează *arteriola eferentă,* cu diametru mai mic decât al arteriolei aferente, care părăseşte capsula.

Polul urinar, opus celui vascular, se continuă cu tubul renal propriu-zis.

Capsula Bowman este formată din *două foițe*: foița parietală şi foița viscerală, între care se formează *cavitatea* capsulei Bowman.

a. Foița parietală a capsulei Bowman se continuă la nivelul polului urinar cu peretele tubului contort proximal, porțiunea inițială a tubului renal.

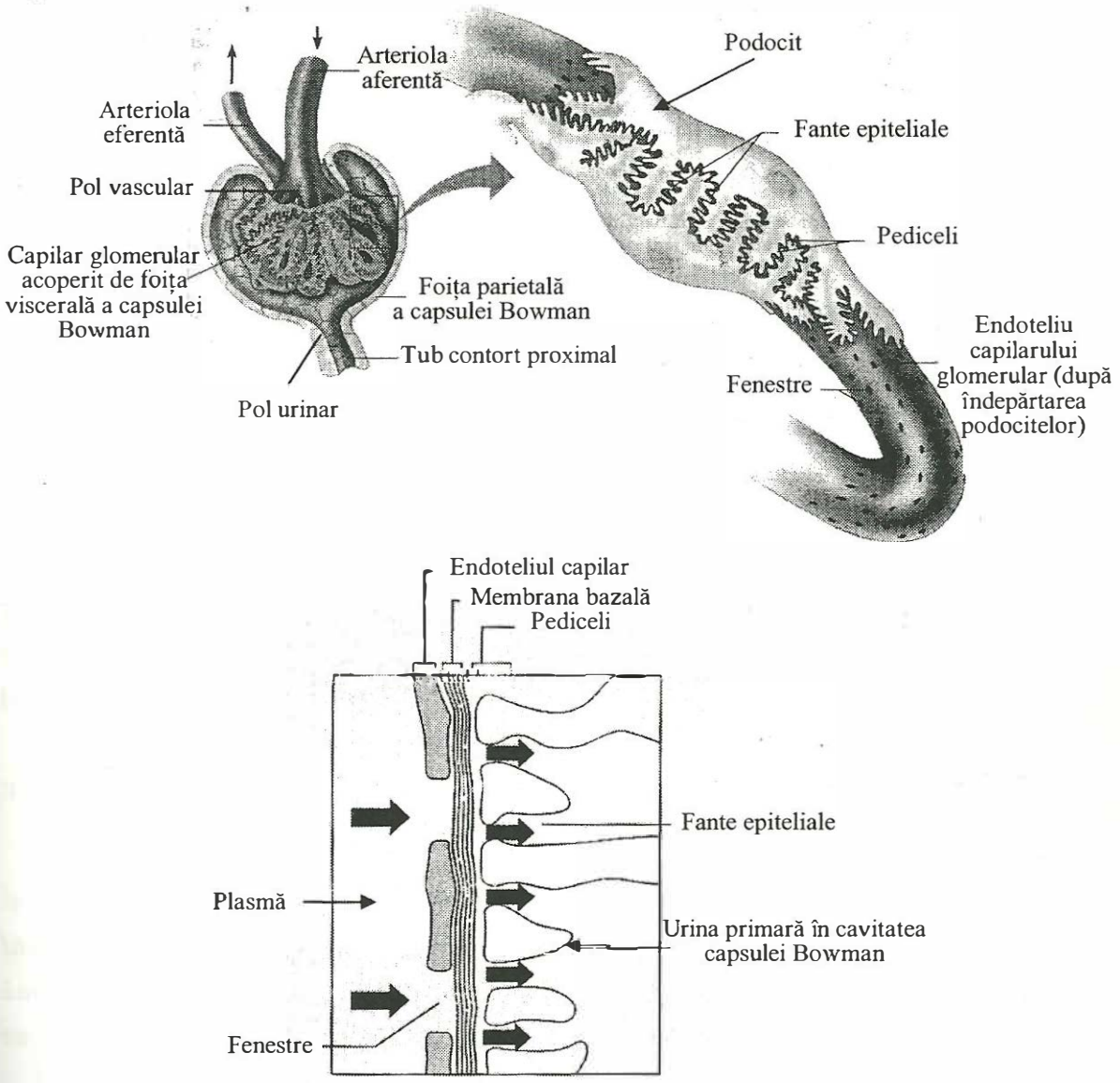


Figura 9.3. Corpusculul renal şi membrana filtrantă
(după Marieb, 1998).

b. Foița viscerală a capsulei Bowman aderă intim de ansele capilare ale glomerulului vascular. Celulele sale numite *podocite,* prezintă numeroase prelungiri ramificate (pediceli) care se mulează pe capilarele glomerulului. Spațiile libere dintre pedicelii învecinați se numesc *fante epiteliale* şi reprezintă locurile prin care componentele plasmei ajung în cavitatea capsulei Bowman, în

urma ultrafiltrării glomerulare. Endoteliul capilarelor glomerulare prezintă pori mari sau *fenestre* de 200-500 Å în diametru, prin care apa cu substanțele dizolvate poate părăsi capilarele. Aceşti pori nu permit trecerea elementelor figurate (globule roşii, albe şi trombocite) şi a proteinelor din sânge (Fig. 9.3).

La nivelul corpusculului renal are loc *procesul de ultrafiltrare glomerulară* a plasmei sanguine, în urma căruia se formează *urina primară*, care este plasmă deproteinizată. Filtrarea glomerulară se produce datorită *diferenței de presiune* existentă între capilarul glomerular şi cavitatea capsulei Bowman. Presiunea sanguină în capilarele glomerulare este de 60-80 mm Hg şi reprezintă elementul principal în procesul de filtrare. La nivelul celorlalte capilare din organism, presiunea sanguină este de numai 40 mm Hg.

Membrana filtrantă este formată din endoteliul capilarului glomerular şi foița viscerală a capsulei Bowman (Fig. 9.3). Suprafața totală de filtrare asigurată de cei doi rinichi este de aproximativ 1,5 m^2.
Cantitatea de urină primară care rezultă în urma ultrafiltrării glomerulare este de 180l/24h, iar din aceasta se elimină sub formă de *urină secundară,* doar 1-2l/24h. Diferența se datorează *procesului de reabsorbție* a apei şi a altor substanțe, care are loc la nivelul tubilor urinari şi care vor fi redate circuitului sanguin.
Urina primară trece din cavitatea capsulei Bowman, prin polul urinar, în tubul renal.

Tubul renal propriu-zis începe la nivelul polului urinar al capsulei Bowman şi are o lungime de 3-5cm. Este format din trei segmente: *tubul contort proximal* (situat în corticală), *ansa Henle* (care coboară până în medulară şi prezintă două ramuri, una descendentă şi una ascendentă) şi *tubul contort distal* care se reîntoarce în corticală, în apropierea corpusculului renal corespunzător.

Tubii contorți distali ai mai multor nefroni se deschid în *tubii colectori*, care nu fac parte din nefron.

Aparatul juxtaglomerular. Fiecare nefron prezintă o zonă, numită *aparatul juxtaglomerular*, unde tubul contort distal vine în contact cu polul vascular al capsulei Bowman, fiind intim asociat cu peretele arteriolei aferente (Fig. 9.4).

Aparatul juxtaglomerular este format din mai multe tipuri de celule, dintre care: celulele juxtaglomerulare şi celulele *maculei densa*.

Celulele juxtaglomerulare sunt celule musculare netede modificate, de mari dimensiuni, din peretele arteriolei aferente. Au proprietăți contractile şi rol de *baroreceptori*, înregistrând variațiile presiunii sanguine din arteriola aferentă. În condiții de ischemie renală aceste celule secretă o enzimă, numită *renina*.

Celulele maculei densa sunt celule înalte ale peretelui tubului contort distal. Ele au rol de *chemoreceptori,* detectând variațiile presiunii osmotice ale urinii din tubul contort distal.

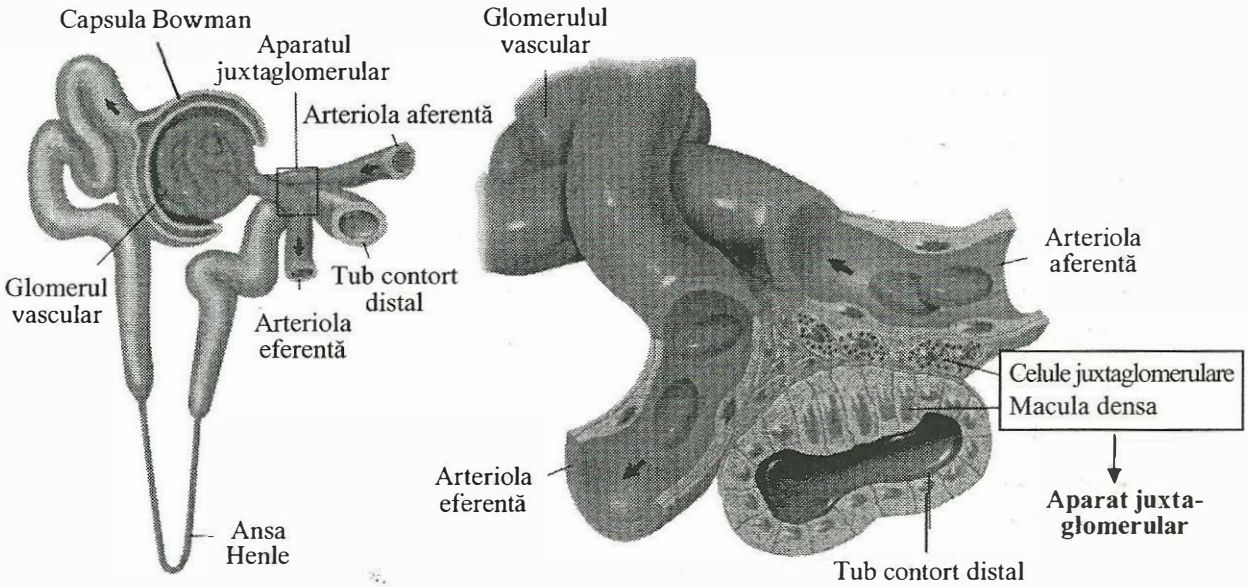


Figura 9.4. Aparatul juxtaglomerular (după Van De Graaff, Fox, 1999).

Aparatul juxtaglomerular intervine în *mecanismul de autoreglare* al rinichiului. În cazul în care presiunea arterială de la nivelul arteriolei aferente scade, celulele aparatului juxtaglomerular secretă *renina*, iar aceasta generează o cascadă de reacții enzimatice, care se încheie cu formarea de *angiotensină II*, cea mai puternică substanță vasoconstrictoare din organism (sistemul renină-angiotensină). Angiotensina II influențează tonusul *arteriolei eferente*, determinând vasocontricția acesteia. În acest fel este menținută presiunea necesară ultrafiltrării glomerulare. Prin acest mecanism, rinichiul poate menține o presiune aproape constantă de filtrare la nivelul corpusculilor renali, în pofida fluctuațiilor presiunii sanguine sistemice.

În cazul în care presiunea sanguină sistemică scade sub 45 mm Hg, spre exemplu în şocuri hemoragice, rinichiul nu se mai poate autoregla şi filtrarea glomerulară încetează.

Microvascularizaţia nefronului. Fiecare nefron are o vascularizaţie proprie, formată din două reţele capilare: glomerulul vascular şi capilarele peritubulare (Fig. 9.5).

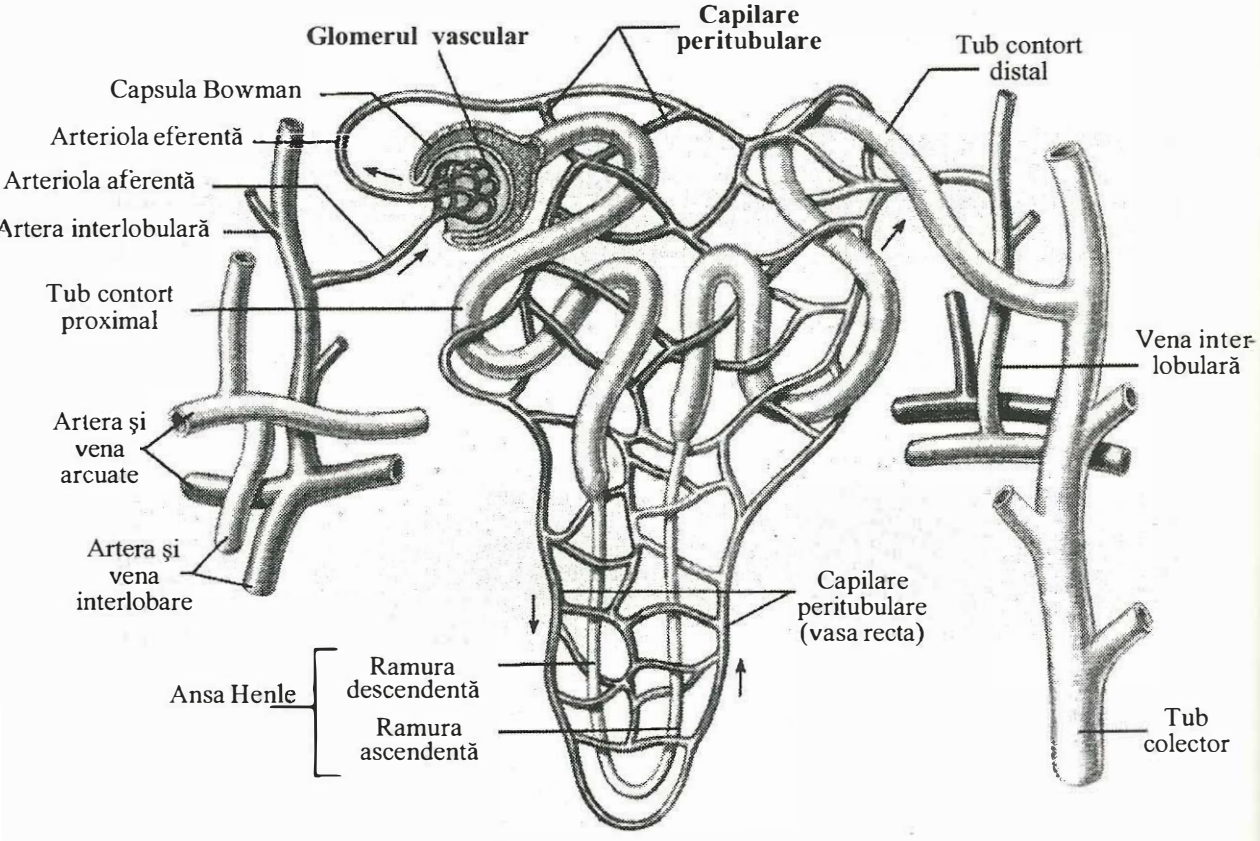


Figura 9.5. Microvascularizaţia nefronului (după Van De Graaff, Fox, 1999).

Glomerulul vascular se formează prin *capilarizarea arteriolei aferente* la nivelul capsulei Bowman, cu formarea de 50 de anse capilare neanastomozate. Participă la procesul de ultrafiltrare a plasmei sanguine.

Capilarele peritubulare se formează prin *capilarizarea arteriolei eferente*, după ieşirea acesteia din capsula Bowman, prin polul vascular. Capilarele peritubulare înconjoară segmentele tubului urinar şi se varsă în *venulele* sistemului venos renal. Din arteriolele eferente ale nefronilor juxtamedulari se

desprind ramuri lungi, paralele cu ansa Henle a acestora, care coboară adânc în medulară şi care se numesc *vasa recta*.

Capilarelor peritubulare, ai căror pereți prezintă pori, sunt adaptate pentru *procese de reabsorbție* (99% din urina primară trece în sângele lor) şi de *secreție* (toate substanțele secretate de tubii urinari derivă din sângele lor). În urma acestor procese se formează *urina secundară* (1,5-2 l/zi).

Vascularizația rinichiului. Rinichii sunt organe foarte bine vascularizate, astfel încât 1/4 din volumul de sânge circulant trece în fiecare minut la nivelul lor.

Vascularizația arterială este asigurată de *arterele renale dreaptă* şi *stângă,* ramuri directe din aorta abdominală. Sunt vase de calibru mare, care se deschid în unghi drept din aortă, caractere menite să asigure o presiune sanguină ridicată la nivelul lor, necesară procesului de ultrafiltrare glomerulară (Fig. 9.6).

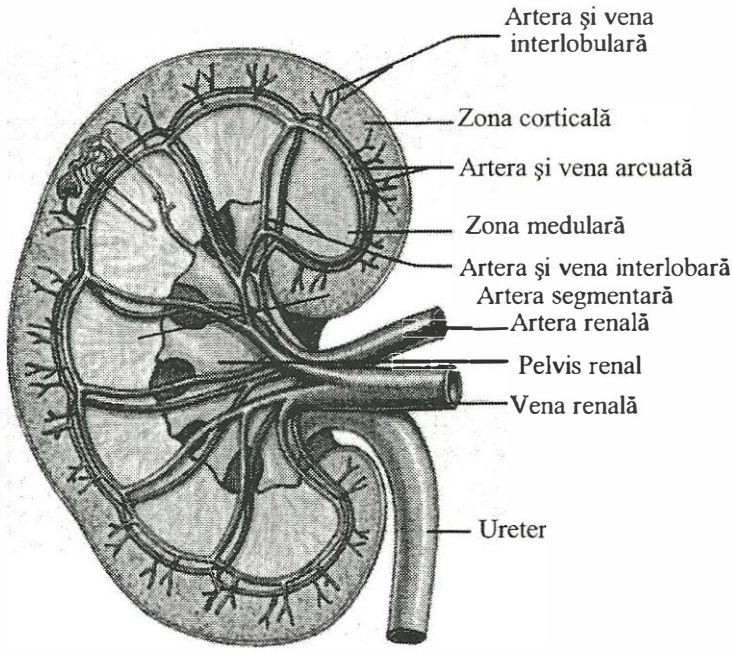


Figura 9.6. Vascularizația rinichiului (după Van De Graaff, Fox, 1999).

Arterele renale pătrund în rinichi la nivelul hilului renal şi se împart în *5 artere segmentare,* din care se desprind *arterele interlobare* care urcă printre piramidele Malpighi. La baza acestora se ramifică în *arterele arcuate,* care se

dispun la limita dintre medulară şi corticală. Din arterele arcuate se formează *arterele interlobulare* dispuse între piramidele Ferrein, din care se desprind *arteriolele aferente* pentru fiecare corpuscul renal în parte. Arteriolele aferente se capilarizează şi formează glomerulul vascular, din care iese *arteriola eferentă*. Din arteriolele eferente se formează *capilarele peritubulare* care se varsă în *venule*. Acestea constituie originea sistemului venos renal, format din vene cu acelaşi nume şi traseu cu al arterelor. ***Sângele venos*** părăseşte rinichii prin *venele renale dreaptă* şi *stângă,* care se varsă în vena cavă inferioară.

CĂILE URINARE

Căile urinare sunt căi de eliminare ale urinii formată la nivelul rinichilor. Căile urinare se împart în căi intrarenale şi căi extrarenale.

Căile urinare intrarenale sunt constituite din: caliciile mici, caliciile mari şi pelvisul renal (Fig. 9.2).

Caliciile renale sunt formaţiuni membranoase tubulare. *Caliciile mici* cuprind ca o cupă vârful piramidelor Malpighi (papilele renale), prevăzute cu orificii care sunt deschideri ale tubilor colectori. Numărul caliciilor mici este egal cu numărul piramidelor renale. *Caliciile mari,* în număr de 2-3 pe rinichi, provin din unirea caliciilor mici.
Pelvisul renal (bazinetul) este o cavitate dispusă la nivelul sinusului renal, în care se varsă caliciile mari. Pelvisul renal prezintă o porţiune *intrarenală*, la nivelul sinusului renal şi o porţiune *extrarenală*, la nivelul hilului renal, care se continuă cu ureterul.

Căile urinare extrarenale sunt reprezentate de: (1) două *uretere* care conduc urina în (2) *vezica urinară*, organ de depozit al urinii şi (3) *uretra* care conduce urina la exterior (Fig. 9.1). Deşi urina se formează continuu la nivelul rinichilor, ea este eliminată la exterior în mod discontinuu, prin *micţiune*.

Ureterele sunt formaţiuni tubulare, lungi de 25-30 cm, prin ale căror contracţii peristaltice urina este condusă în vezica urinară. Ureterul prezintă două porţiuni: o *porţiune abdominală,* care vine în raport posterior cu peretele dorsal al trunchiului, la nivelul proceselor transverse ale vertebrelor lombare şi o *porţiune pelviană*, care se întinde de la intrarea în micul bazin până la vezica

urinară. Deschiderea ureterelor în vezica urinară are o dispoziție caracteristică. La locul de deschidere, ureterul face un unghi ascuțit şi pătrunde oblic în peretele vezicii pe o distanță de 1-2 cm. Această particularitate de deschidere a ureterului în fundul vezicii urinare, explică de ce în timpul contracției acesteia urina nu este împinsă înapoi în ureter.

Vezica urinară este locul de depozitare al urinii între micțiuni. Este un organ musculo-cavitar aşezat în micul bazin, în *loja vezicală*, acoperită în parte de peritoneu.

Forma vezicii urinare este variabilă, în funcție de cantitatea de urină conținută: vezica plină are forma ovoidă, iar vezica goală are formă semilunară, cu concavitatea în sus. Are o capacitate de 250-300 ml.

Vezica urinară prezintă mai multe părți: o parte inferioară numită *fundul vezicii*, *corpul* şi *vârful* vezicii. În partea inferioară a vezicii urinare se găsesc cele două orificii ale ureterelor şi orificiul intern al uretrei. Porțiunea cuprinsă între aceste orificii se numeşte *trigon vezical* (Fig.9.7). Acesta vine în raport la bărbat cu prostata, canalele deferente şi veziculele seminale, iar la femeie cu peretele posterior al vaginului şi cu colul uterin. Fața anterioară a corpului vezicii urinare vine în raport cu simfiza pubiană.

În structura peretelui vezicii urinare intră mai multe tunici.

Tunica musculară este formată din fibre musculare netede, aşezate pe 3 straturi, care se continuă unul pe celălalt: stratul extern, format din *fibre longitudinale*, stratul mijlociu format din *fibre circulare* şi stratul intern, format tot din *fibre longitudinale*. Tunica musculară se mai numeşte şi *muşchiul detrusor vezical*. Pe măsura acumulării de urină la nivelul vezicii, pereții acesteia se relaxează, mărind capacitatea vezicală, fără modificarea semnificativă a presiunii intracavitare. Această particularitate poartă numele de *plasticitate* şi se datorează adaptării *tonusului* fibrelor musculare netede ale muşchiului detrusor.

Mucoasa vezicală este netedă la nivelul trigonului vezical, iar în rest prezintă numeroase cute (Fig. 9.7).

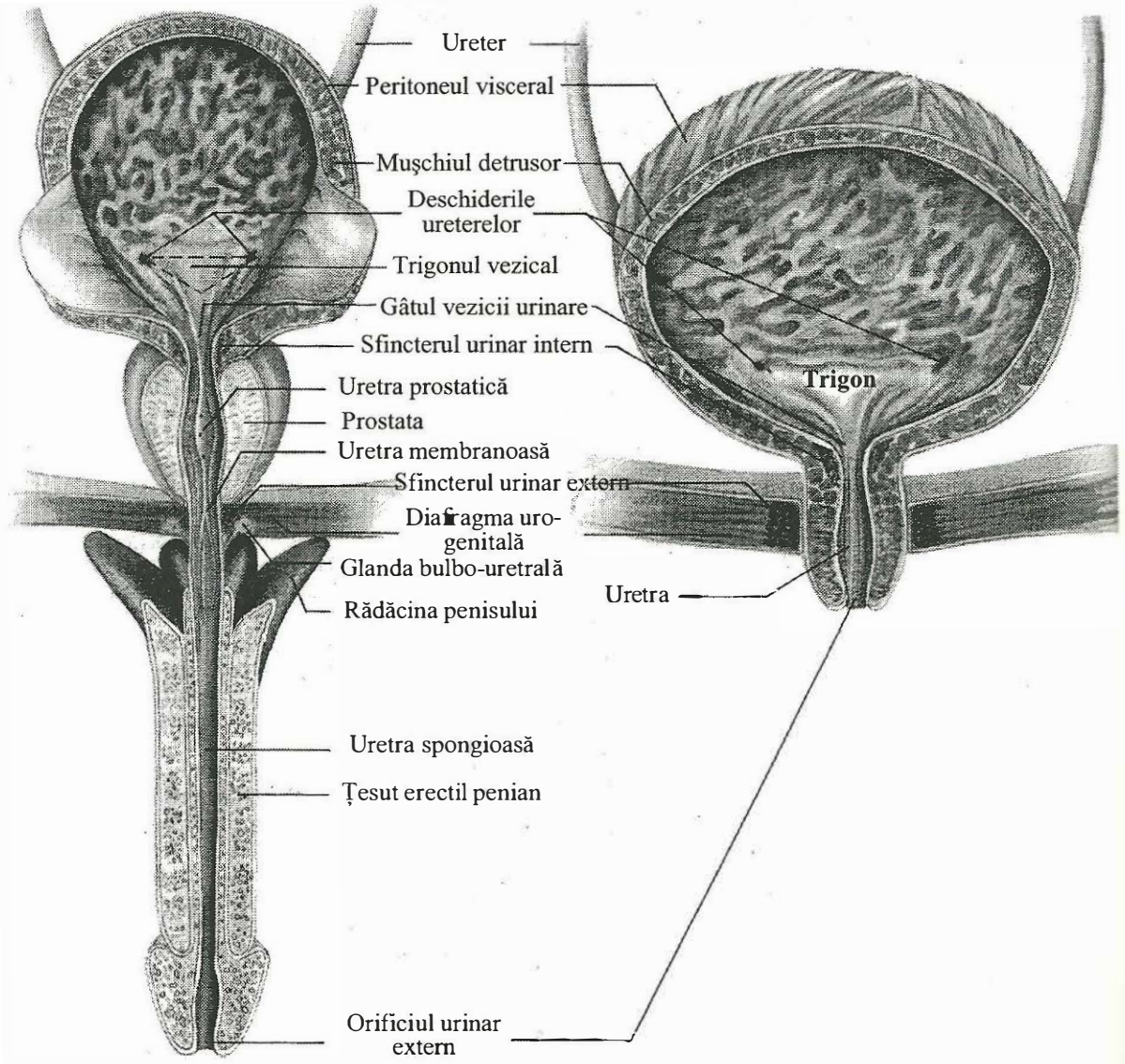


Figura 9.7. Vezica urinară şi uretra masculină şi feminină (după Marieb, 1998).

Uretra este un canal musculo-membranos, care diferă ca alcătuire, în raport cu sexul.

- *uretra masculină* are o lungime de 15-20 cm, cu traiect şi calibru neuniform. Este calea comună de eliminare a lichidului spermatic şi a urinii. Uretra masculină are trei porțiuni: *uretra prostatică*, înconjurată ca un manşon de prostată, la nivelul ei deschizându-se canalele ejaculatoare şi canalele de excreție ale prostatei; *uretra membranoasă*,

scurtă, străbate diafragma pelviană, la acest nivel găsindu-se *sfîncterul urinar extern* (striat) al uretrei şi *uretra peniană (spongioasă),* care străbate penisul (Fig. 9.7).

- *uretra feminină* are 4-5 cm şi se termină în vestibulul vaginului. Are un calibru mai mare decât al uretrei masculine şi serveşte exclusiv la eliminarea urinii.

Uretra prezintă două sfîncteре: *sfîncterul urinar intern* format din fibre musculare netede, cu contracţii involuntare, care se află la originea uretrei şi *sfîncterul urinar extern* format din fibre musculare striate, cu contracţii voluntare, care este situat la locul unde uretra străbate perineul (diafragma urogenitală).

CAPITOLUL X. **SISTEMUL GENITAL**

Spre deosebire de alte sisteme ale organismului uman, sistemul genital se află într-o fază de liniște funcțională de la naștere până la pubertate, când începe să se definitiveze din punct de vedere morfologic și funcțional.

Sistemul genital este format din *gonade* (organe sexuale primare) și *organe accesorii* (organe sexuale secundare): căile de eliminare ale gameților, glandele anexe și organele genitale externe.

Gonadele - ***testicului*** (gonada masculină) și ***ovarul*** (gonada feminină) își încep activitatea la pubertate și au o funcție dublă: (1) *funcție gametogenetică*, de formare a gameților: spermatozoizii și ovulele și (2) *funcție steroidogenetică* (hormonogenetică), de secreție a hormonilor sexuali, care determină definitivarea maturării sistemului genital, inducerea caracterelor sexuale secundare și a comportamentului sexual. Biosinteza hormonilor sexuali, hormonii androgeni - testosteronul și dihidrotestosteronul și hormonii feminini - estrogenii și progesteronul, se face pe baza colesterolului. Acesta reprezintă materia primă pentru toți hormonii sexuali sintetizați atât de gonade, cât și de zona reticulată de la nivelul corticosuprarenalei.

Există o serie de diferențe în activitatea gonadelor la cele două sexe. Astfel, gonada masculină își începe activitatea la pubertate și o continuă toată viața, având o rată gametogenetică impresionantă de 300 milioane de spermatozoizi pe zi. La climacterium-ul masculin sau *andropauza* se produce numai un declin ușor. Gonada feminină își începe activitatea la pubertate și este funcțională numai o perioadă limitată de timp, respectiv până la climacterium-ul feminin sau *menopauza*, când își încetează total activitatea. Rata gametogenetică pe perioada de funcționare este de numai câteva sute de ovule.

SISTEMUL GENITAL MASCULIN

Sistemul genital masculin este format din gonadele masculine, căile de eliminare ale spermatozoizilor (calea spermatică), glandele anexe și penisul (Fig. 10.1).

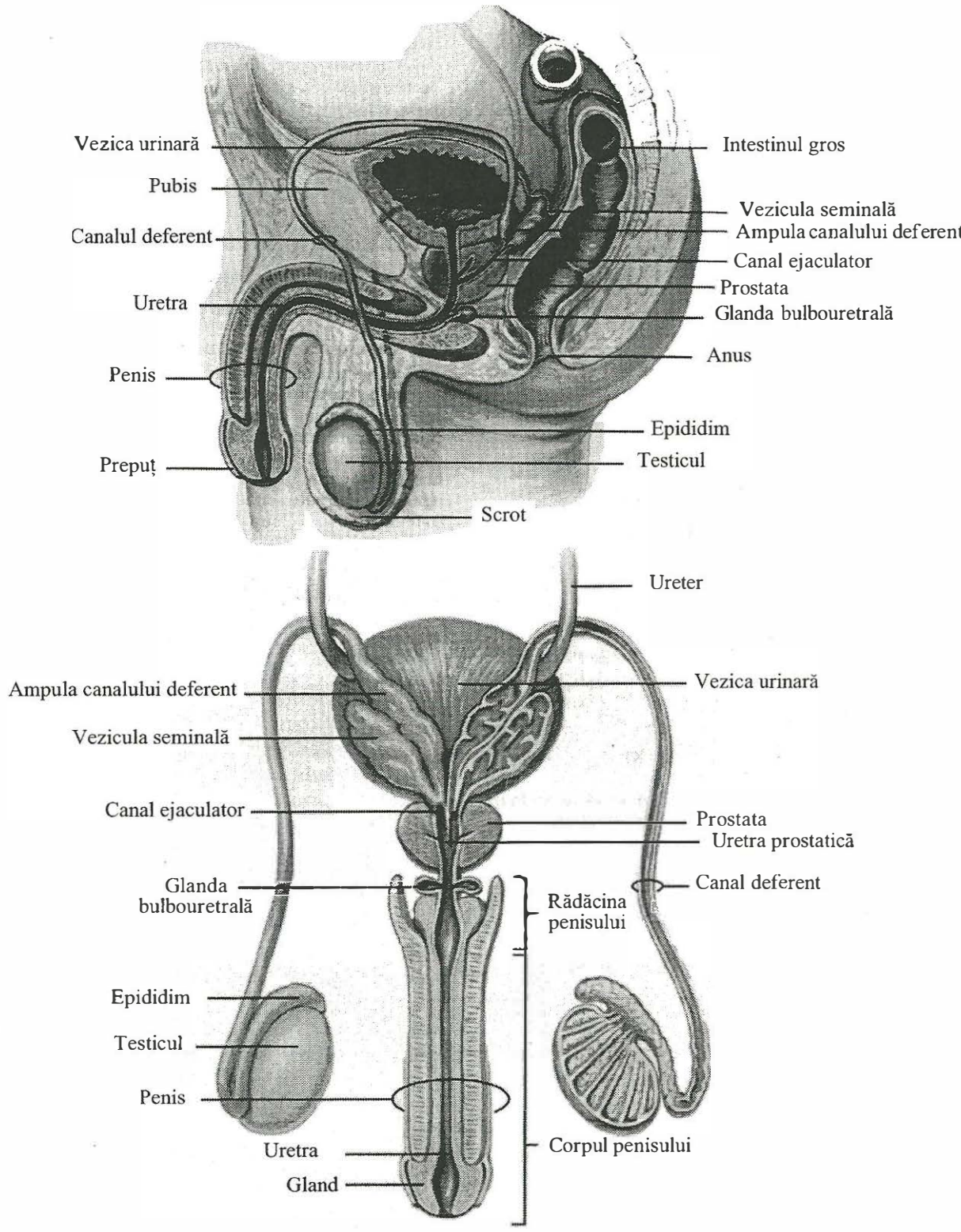


Figura 10.1. Organele genitale masculine (după Shier, Butler, Lewis, 1999).

GONADA MASCULINĂ

Testiculul este un organ pereche, de formă ovală şi consistenţă elastică, având o greutate medie de 25 g şi o lungime de 4-6 cm. Testiculele sunt situate în *scrot*, o pungă tegumentară derivată din partea ventrală a peretelui abdominal. Ele se dezvoltă în regiunea lombară a cavităţii abdominale şi ajung în scrot, înainte de naştere, printr-un proces de coborâre numit *descensus testis,* străbătând peretele anterior al abdomenului în regiunea inghinală, prin *canalul inghinal.* În coborâre, antrenează şi peritoneul, care formează în jurul testiculului, *tunica vaginalis*. Scrotul este împărţit în două jumătăţi de *septul scrotal*, ceea ce nu permite diseminarea infecţiilor de la un testicul la altul.

Poziţionarea testiculelor în afara cavităţii abdominale, în scrot, este importantă pentru funcţionarea lor, deoarece spermatogeneza nu se poate produce la temperatura corpului, ci numai la o temperatură cu 3°C mai scăzută. Scrotul deţine un important *rol termoreglator*, constituind o arie de răcire pentru temperatura testiculară. El prezintă o serie de caracteristici structurale care permit menţinerea unei temperaturi scăzute la acest nivel, cum ar fi tegumentul subţire, cu numeroase glande sudoripare şi fără ţesut adipos subiacent. La nivelul scrotului există două tunici musculare: *muşchiul dartos* (tunica dartos), situat subcutanat, care este o prelungire a aponevrozei muşchiului oblic extern şi *muşchiul cremaster*, format din benzi musculare care provin din muşchiul oblic intern. La temperaturi scăzute, aceştia se contractă, apropiind testiculele de corp.

STRUCTURA TESTICULULUI

La exterior, testiculul este învelit de o evaginare a peritoneului numită *tunica vaginalis,* sub care se găseşte *tunica albuginee*, o membrană fibroasă care se îngroaşă la nivelul marginii posterioare, formând *mediastinul* testicului. De la acest nivel pleacă radiar septuri conjunctive, care împart parenchimul testicular în 100-300 de *lobuli testiculari* de formă piramidală (Fig. 10.2).

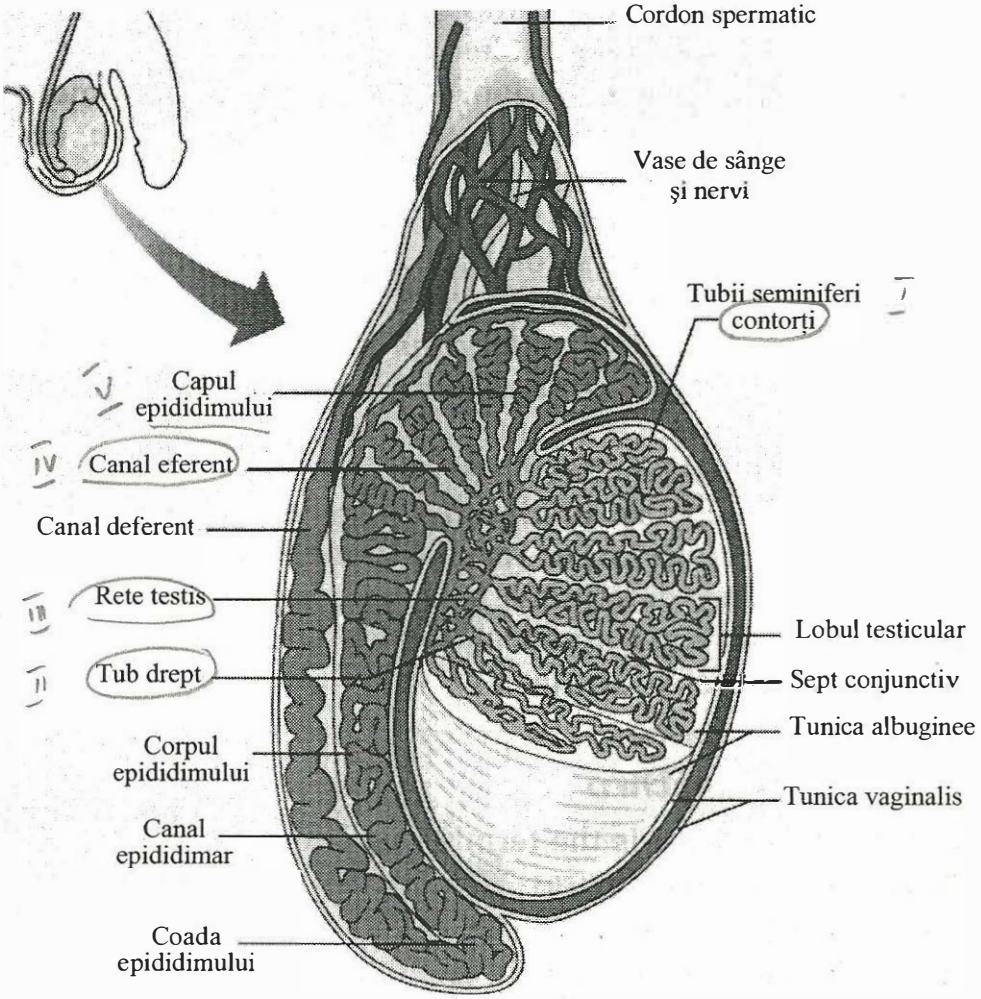


Figura 10.2. Structura testiculului (după Marieb, 1998).

CAI INTRATEST

In fiecare lobul testicular se găsesc 2-4 *tubi seminiferi contorţi*, la nivelul cărora are loc *spermatogeneza*. În tubii seminiferi se găsesc două tipuri de celule: celulele Sertoli şi celulele liniei seminale.

Celulele Sertoli sunt celule de mari dimensiuni, cu rol trofic şi de susţinere şi care secretă *inhibina*. Aceasta are rol inhibitor asupra secreţiei de FSH.

Celulele liniei seminale se găsesc în diferite faze ale spermatogenezei: spermatogonii, spermatocite de ordinul I şi II, spermatide şi spermatozoizi, ultimii dispuşi spre lumenul tubului seminifer.

Între tubii seminiferi se găsesc *celulele Leydig*, care formează *glanda interstiţială* (diastematică), secretoare de hormoni androgeni, care constituie componenta endocrină a testicului.

Spre vârful fiecărui lobul, tubii seminiferi contorţi se unesc şi formează *tubii drepţi*, care părăsesc lobulii şi se anastomozează formând *rete testis*, o reţea

canaliculară de la nivelul mediastinului. La nivelul tubilor drepți nu mai are loc spermatogeneza, ei constituind prima porțiune, intratesticulară, a căii spermatice. Din rete testis, spermatozoizii părăsesc testiculul prin 12-18 *canale eferente,* care se deschid în epididim (Fig. 10.2).

Vascularizația testiculului. Vascularizația arterială este asigurată de *arterele testiculare*, ramuri viscerale ale aortei abdominale.
Sângele venos al testiculului este colectat de venule, care formează *plexul pampiniform*, dispus în jurul arterei testiculare. Acest plex are rolul de a răci sângele arterial înainte de intrarea sa în testicul, contribuind la homeostazia termică a acestuia. Din plexul pampiniform se formează venele testiculare: *vena testiculară dreaptă*, care se varsă în vena cavă inferioară și *vena testiculară stângă*, care se varsă în vena renală stângă.
Hormonii androgeni sunt reprezentați de *testosteron* și *dihidrotestosteron.* Testosteronul este sintetizat de celulele Leydig. La nivel tisular, testosteronul este convertit în dihidrotestosteron și acționează la nivelul veziculelor seminale și a prostatei, a căror dezvoltare o controlează.
Secreția de testosteron începe în timpul dezvoltării embrionare și continuă câteva săptămâni după naștere, după care aproape încetează în perioada copilăriei. Secreția sa se reia la 14-15 ani când marchează începutul pubertății, continuând apoi pe toată durata vieții, cu un ușor declin la andropauză.
În timpul dezvoltării intrauterine, testosteronul induce diferențierea și dezvoltarea masculină a tractului genital și controlează coborârea testiculelor în scrot.
La pubertate, determină dezvoltarea organelor genitale și apariția *caracterelor sexuale secundare*: pilozitate abundentă pe față, torace, regiunea axilară și pubiană; îngroșarea vocii prin creșterea de volum a laringelui, care prezintă receptori pentru testosteron; creșterea masei musculare și osoase, cu lărgirea umerilor și îngustarea bazinului.

Funcționarea normală a testiculului adult este controlată de doi hormoni tropi adenohipofizari: *hormonul foliculo-stimulant* (FSH) și *hormonul luteinizant* (LH), care la bărbați se numește ICSH (interstitial cell-stimulating hormone). Hormonii gonadotropi sunt eliberați în circulația generală, ajung la testicul și au următoarele efecte:

- FSH-ul stimulează activitatea celulelor Sertoli și spermatogeneza
- ICSH-ul stimulează secreția de testosteron de către celulele interstițiale Leydig.

Eliberarea de hormoni gonadotropi de către adenohipofiză este controlată de hipotalamus, prin secreția de *gonadoliberină* - (GnRH - gonadotropin-releasing hormone). Creșterea concentrației de testosteron în sânge inhibă prin feed-back negativ secreția de GnRH, ceea ce induce consecutiv scăderea secreției adeno-

hipofizare de LH(ICSH) şi a sintezei de testosteron a celulelor Leydig. Scăderea concentraţiei sanguine de testosteron are efecte inverse (Fig. 10.3).

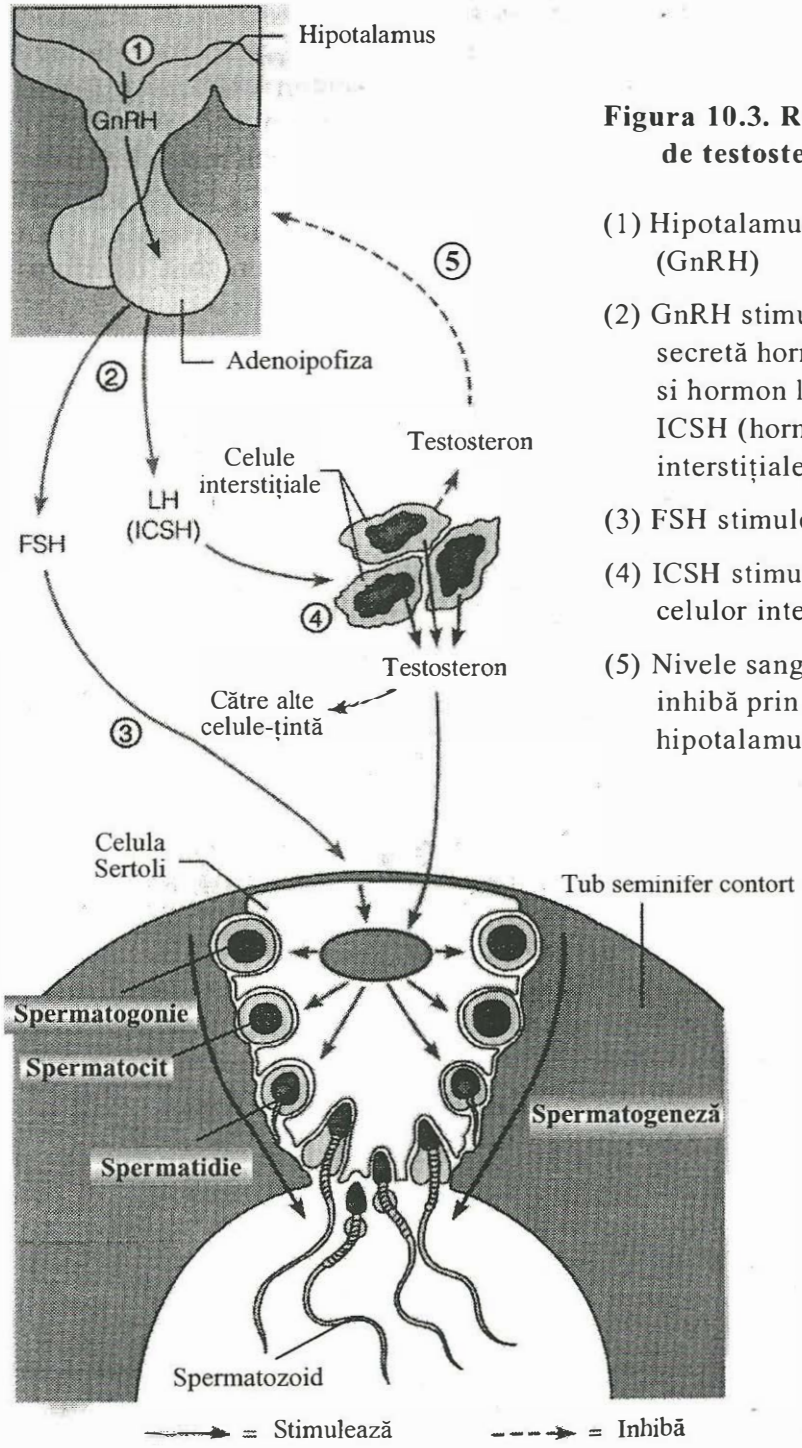


Figura 10.3. Reglarea secreţiei de testosteron (după Marieb, 1998).

(1) Hipotalamusul secretă gonadoliberină (GnRH)

(2) GnRH stimulează adenohipofiza care secretă hormon foliculo-stimulant (FSH) si hormon luteinizant (LH) numit şi ICSH (hormon stimulator al celulelor interstiţiale)

(3) FSH stimulează spermatogeneza

(4) ICSH stimulează secreţia de testosteron a celulor interstiţiale

(5) Nivele sanguine crescute de testosteron inhibă prin feed-back negativ activitatea hipotalamusului şi a adenohipofizei.

CALEA SPERMATICĂ

Calea spermatică este alcătuită din mai multe segmente, care depozitează şi transportă spermatozoizii de la testicule la uretră.
Acestea sunt: *căi intratesticulare* (tubii drepți, rete testis) şi *căi extratesticulare* (canalele eferente, epididimul, canalul deferent şi canalul ejaculator).

Epididimul este aşezat la polul superior şi pe marginea posterioară a testicului. Are formă de virgulă şi este format din cap, corp şi coadă. Lungimea desfăşurată a canalului epididimar este de 6 m, dar prin plierea sa organul atinge doar 3,8 cm (Fig. 10.2). La nivelul epididimului, loc de depozit al spermatozoizilor, aceştia îşi completează maturarea şi înaintează încet de-a lungul canalului epididimar în aproximativ 20 de zile. Spermatozoizii pot fi depozitați în epididim câteva luni, după care sunt fagocitați.
În cazul stimulării sexuale, muşchii netezi din peretele epididimului se contractă şi spermatozoizii ajung în canalul deferent.

Canalul deferent (***vas deferens***) este un conduct cilindric cu o lungime de 45-60 cm, situat între coada epididimului şi canalul ejaculator. Are un traiect ascendent şi pătrunde în abdomen prin intermediul *cordonului spermatic*.
Prezintă 3 porțiuni: porțiunea *scrotală* (locul practicării vasectomiei, metodă contraceptivă), porțiunea *inghinală* şi porțiunea *abdomino-pelvină*. Partea terminală a canalului deferent este dilatată şi se numeşte *ampula* canalului deferent, situată posterior de vezica urinară. La acest nivel, canalul deferent se uneşte cu canalul de excreție al veziculei seminale de aceiaşi parte şi formează *canalul ejaculator* (Fig. 10.1).

Canalul ejaculator continuă canalul deferent, după unirea sa cu canalul de excreție al veziculei seminale. Canalele ejaculatoare sunt scurte de circa 2 cm, străbat prostata în sens oblic şi se varsă în porțiunea inițială a uretrei masculine, numită uretra prostatică.

Uretra masculină este calea comună de eliminare atât a spermei cât şi a urinii. Prezintă trei porțiuni: *uretra prostatică*, *uretra membranoasă* care străbate diafragma uro-genitală, la nivelul ei găsindu-se sfincterul urinar extern şi *uretra peniană* (*spongioasă)* care străbate penisul şi se deschide la exterior prin *orificiul uro-genital*. Înainte de deschidere, prezintă o zona dilatată, numită *fosa naviculară*.

GLANDELE ANEXE

Prin secreţiile lor eliberate în timpul ejaculării, glandele anexe participă la formarea *lichidului spermatic*. Acestea sunt următoarele: veziculele seminale, prostata şi glandele bulbouretrale (Cowper) (Fig. 10.1).

Veziculele seminale au formă conică, cu o lungime de 5-7 cm şi sunt situate superior de prostată, între rect şi vezica urinară. Vârful glandei se continuă cu canalul de excreţie, care se uneşte cu ampula canalului deferent şi formează canalul ejaculator. Secreţia alcalină a veziculelor seminale constituie 60% din volumul total al lichidului spermatic şi conţine substanţe nutritive pentru spermatozoizi (fructoza şi acidul ascorbic) şi prostaglandine.

Prostata are forma şi dimensiunile unei castane şi este situată inferior de vezica urinară. Este dispusă ca un manşon în jurul uretrei prostatice în care îşi varsă secreţiile prin mai multe canale. Secreţia prostatei constituie o treime din volumul total al lichidului spermatic şi conţine numeroase enzime (ex: fosfataza acidă) cu rol în creşterea mobilităţii spermatozoizilor.

Glandele bulbouretrale (Cowper) sunt două glande de mici dimensiuni, situate în grosimea muşchiului transvers profund al perineului. Secreţia lor mucoasă se varsă în uretra spongioasă înainte de ejaculare şi are rolul de a neutraliza resturile acide de urină de la acest nivel.

PENISUL

Penisul (organul genital extern) are o funcţie dublă, urinară şi genitală, constituind organul copulator. Este format din *rădăcina* şi *corp* (partea mobilă de formă cilindrică) care se termină cu o parte dilatată, conică, numită *gland,* acoperit de un pliu tegumentar - *prepuţul.* În vârful glandului se află orificiul urinar.

STRUCTURA PENISULUI

Penisul cuprinde în interior trei coloane cilindrice de ţesut erectil, două cu dispoziţie posterioară, constituind *corpii cavernoşi* şi o coloană anterioară - *corpul spongios*, care înconjoară ultima porţiune a uretrei. Fiecare coloană de ţesut erectil este învelită de o membrană fibroasă numită *albuginee.* Aceasta

trimite în interior septuri care delimitează *cavernele corpilor erectili.* In caverne pătrund ramuri spiralate provenite din *artera ruşinoasă internă*, care se capilarizează şi formează *sinusoidele* corpilor erectili (Fig. 10.4, B).

In timpul excitaţiei sexuale, *fibrele vegetative parasimpatice* sacrale, aduse de *nervii pelvici,* determină relaxarea muşchilor netezi din pereţii arteriolelor şi umplerea cu sânge a cavernelor ţesutului erectil. Datorită expansiunii corpilor erectili, venele periferice sunt comprimate de albuginee, ceea ce impiedică întoarcerea venoasă, iar penisul devine turgescent (erecţia). Mecanismul reflex al erecţiei constituie una din excepţiile în care sistemul vegetativ parasimpatic este implicat în reglarea tonusului vascular, aceasta fiind apanajul simpaticului.

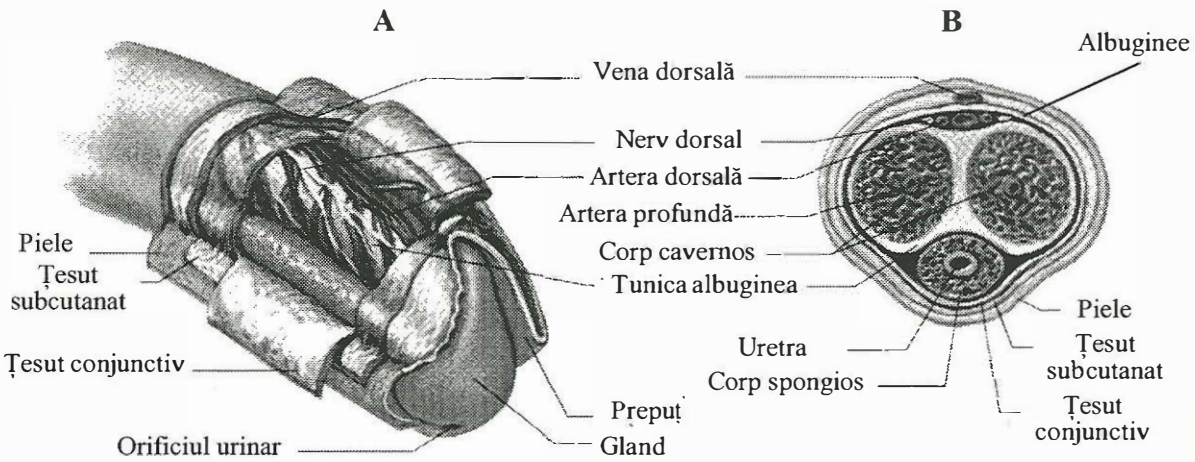


Figura 10.4. Structura penisului. A. Structura internă **B.** Secţiune transversală (după Shier, Butler, Lewis, 1999).

Punctul culminant al excitaţiei sexuale este *orgasmul*, care este însoţit de emisia de spermă şi ejaculare. *Emisia* este evacuarea spermatozoizilor din testicule şi epididim şi amestecarea lor cu secreţiile glandelor anexe la nivelul uretrei. Procesul este declaşat de *fibrele nervoase simpatice,* care determină contracţia muşchilor netezi din pereţii canalelor eferente din testicul, a canalelor epididimare, canalelor deferente şi canalelor ejaculatoare. În paralel, sub acţiunea altor fibre simpatice, se activează şi veziculele seminale şi prostata. La nivelul uretrei, spermatozoizii se amestecă cu produsele de secreţie ale glandelor anexe, formând *sperma*. Pe măsură ce uretra se umple cu spermă, se activează fibrele nervoase senzitive care vor determina contracţia ritmică a

unor muşchi scheletici de la baza penisului. Aceste contracţii ritmice cresc presiunea de la nivelul ţesutului erectil, facilitând eliminarea spermei prin uretră la exterior, proces numit *ejaculare*. Imediat după ejaculare, arteriolele de la nivelul ţesutului erectil se contractă, iar aportul de sânge se reduce. Presiunea asupra venelor periferice scade, ceea ce permite ca ele să preia surplusul de sânge şi penisul devine flasc.

SISTEMUL GENITAL FEMININ

Sistemul genital feminin este format din *ovare* (gonadele feminine), *calea genitală* (trompele uterine, uterul, vaginul) şi *vulva* - organul genital extern (Fig. 10.5).

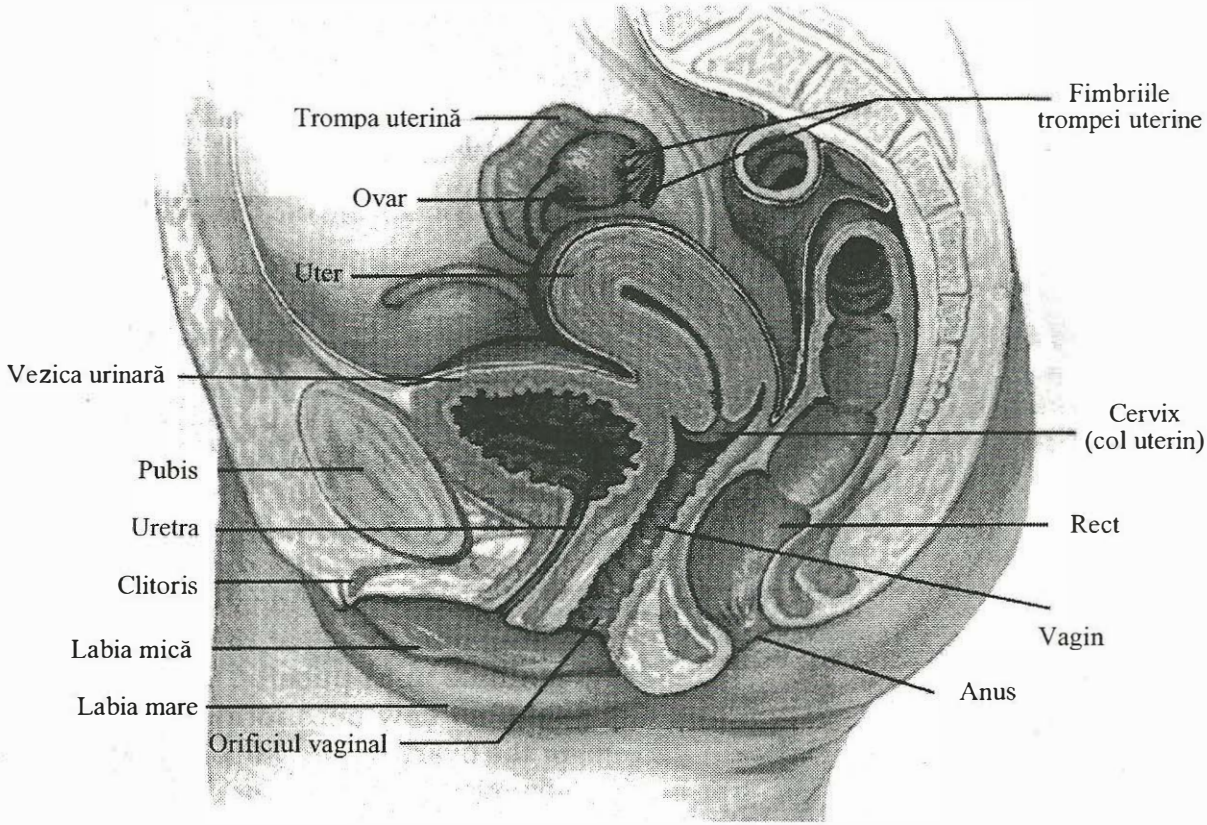


Figura 10.5. Organele genitale feminine (după Shier, Butler, Lewis, 1999).

GONADA FEMININĂ

Ovarul este un organ pelvin pereche, situat în *fosa ovariană*. Are formă de ovoid, uşor turtit lateral, o lungime de 3 cm şi o greutate de 8 g. Ovarele sunt situate de o parte şi de alta a uterului şi sunt menţinute în poziţie de numeroase ligamente: *ligamentul utero-ovarian* (medial) îl leagă de uter, *ligamentul suspensor* al ovarului (lateral) îl ancorează de peretele pelvisului şi este străbătut de vasele ovariene, *mezovarium* (face parte din ligamentul larg, plică peritoneală care cuprinde şi uterul, trompele uterine şi vaginul) şi *ligamentul tubo-ovarian,* între polul superior al ovarului şi trompa uterină (Fig. 10.5).

Ovarele au funcţie dublă: (1) *funcţia gametogenetică* - prin *ovogeneză* ovarul eliberează câte un *ovul* (gametul feminin) lunar şi (2) *funcţia steroidogenetică* - secretă *hormonii estrogeni* (17 beta-estradiol, estronă si estriol) şi *progesteron.*

STRUCTURA OVARULUI

La exterior, ovarul este acoperit de *stratul epitelial* (germinativ), sub care se găseşte *tunica albuginee,* formată dintr-un strat subţire de ţesut conjunctiv (Fig. 10.6).

Sub albuginee se disting două zone: *zona medulară*, în interior, formată din ţesut conjunctiv, în care se găsesc vase de sânge, limfatice şi fîlete nervoase şi *zona corticală* (cortexul ovarian), dispusă periferic.

Zona corticală conţine *foliculii ovarieni* care se găsesc în stadii diferite de evoluţie: foliculi *primari, secundari* şi foliculi *veziculoşi* sau *de maturaţie* (numiţi şi foliculi De Graaf).

Folicului ovarian conţine un *ovocit de ordinul I,* care reprezintă o fază imatură a ovulului şi *celule granuloase* (foliculare), secretoare de hormoni estrogeni. La naştere, ovarul conţine între 100000 şi 400000 de foliculi ovarieni, dar majoritatea dispar până la pubertate, prin *atrezie folliculară.*

Ovarul este nefuncţional până în jurul vârstei de 10 ani, când hipotalamusul începe să secrete cantităţi crescute de *gonadoliberină* (GnRH), care stimulează secreţia adenohipofizară de hormoni gonadotropi FSH şi LH. Aceşti hormoni au un rol esenţial în controlul maturaţiei foliculilor ovarieni şi secreţiei de hormoni sexuali feminini.

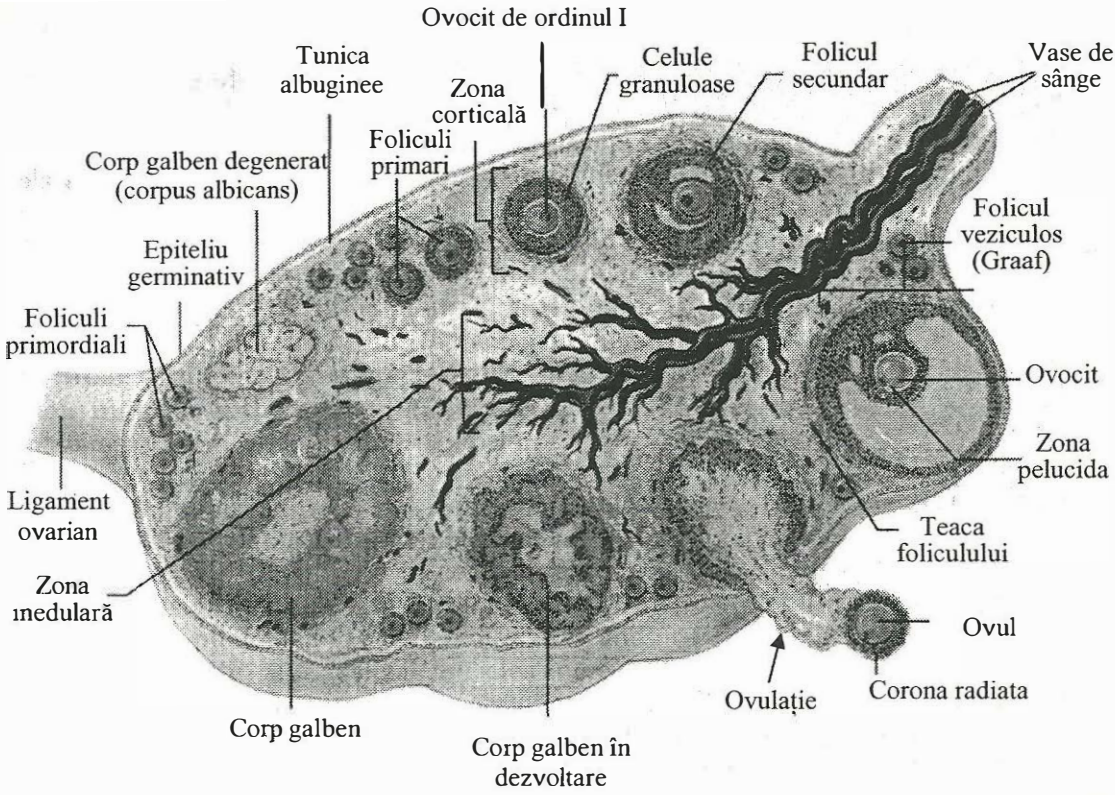


Figura 10.6. Structura ovarului (după Marieb, 1998).

Maturația foliculilor ovarieni începe la *pubertate*, sub influența FSH-ului. În fiecare lună, un folicul ovarian suferă o serie de modificări care sunt însoțite și de schimbări caracteristice la nivelul mucoasei uterine. Ele durează 28 de zile și culminează cu producerea menstrei, numindu-se de aceea și *ciclu menstrual* (Fig. 10.7).

* FSH → matur ♂ ovarieni
* LH → ovulație + C. galben

Sub influența FSH-ului, în fiecare lună un folicul ovarian trece de la stadiul de folicul primar, la stadiul de folicul de maturație. Procesul este întreținut și de hormonii estrogeni secretați de celulele granuloase ale foliculului. Aproximativ la jumătatea ciclului menstrual (a 14-a zi), sub influența unei secreții crescute de hormon luteinizant (LH), se produce *ovulația*: foliculul matur expulzează ovocitul în cavitatea peritoneală, de unde va fi captat de trompa uterină.

După expulsia ovulului, foliculul ovarian rupt, dehiscent, se transformă în *corp galben* (*corpus luteum*), sub acțiunea LH. Corpul galben are și el rol endocrin, secretând în principal *progesteron*, dar și *mici cantități de estrogeni*.

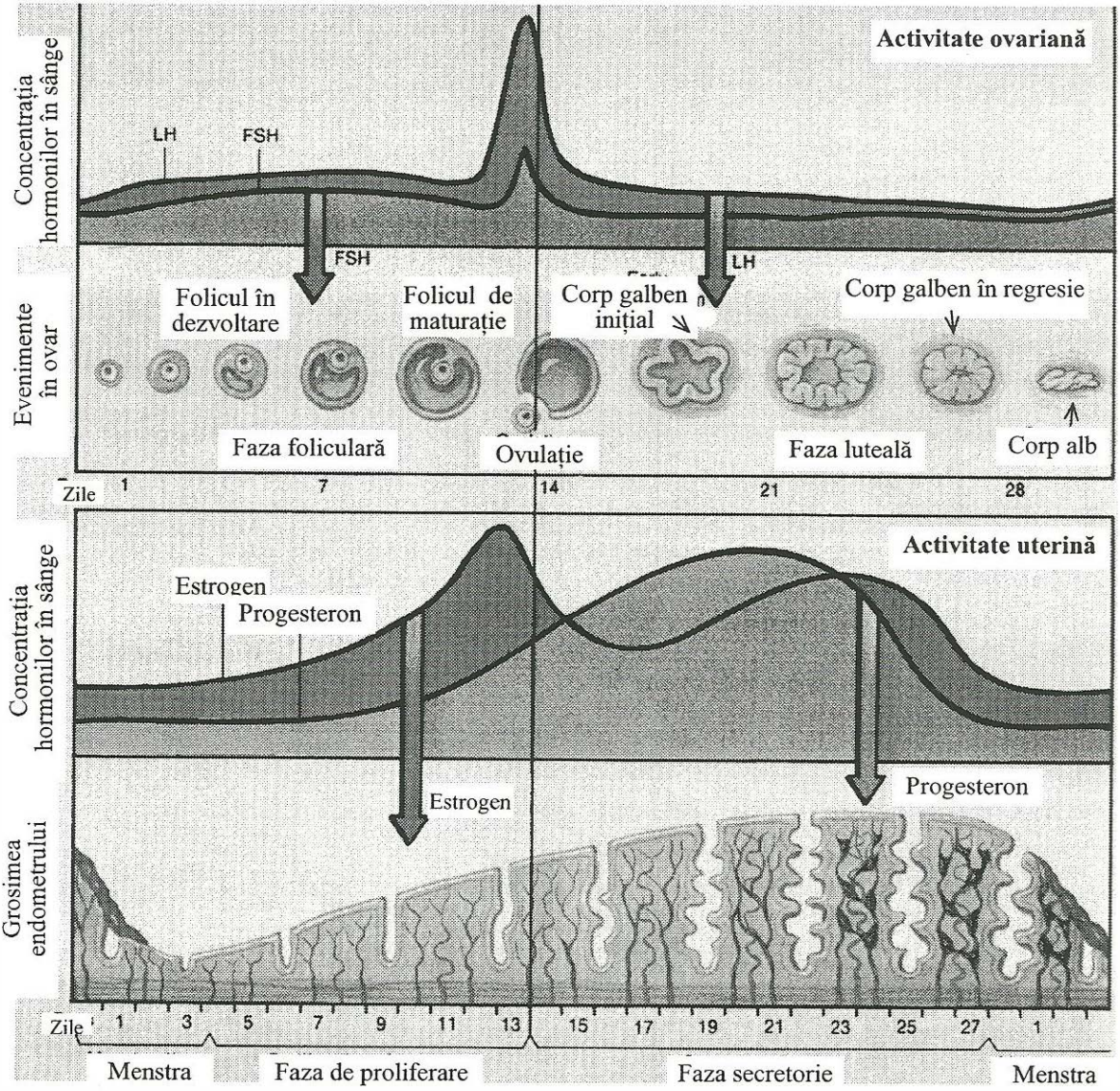


Figura 10.7. Modificările de la nivelul ovarului şi uterului în cursul ciclului menstrual (după Shier, Butler, Lewis, 1999).

Progesteronul are ca organ-țintă uterul, determinând modificări ale mucoasei uterine care începe să prolifereze, în vederea fixării zigotului (nidația). Nivelele crescute de progesteron şi estrogeni din această perioadă, scad eliberarea de FSH şi LH de la nivelul adenohipofizei.

- dacă ovulul a fost fecundat, el este deplasat de-a lungul trompei uterine şi se nidează în mucoasa uterină, urmând se se dezvolte în continuare. Corpul galben (*de sarcină*) persistă aproximativ 4 luni, după care funcția

sa este preluată de placentă. După acest interval, el suferă un proces de fibrozare şi se transformă în *corp alb* (*corpus albicans*). Persistența corpului galben este asigurată de *gonadotropina corionică umană* (hCG), un hormon secretat de către embrionul uman. El acționează asupra ovarului, menținând corpul galben până la formarea placentei. Determinarea biochimică în sânge sau urină a hCG constituie un test sigur de sarcină.

- dacă ovulul nu a fost fecundat, el va fi deplasat de-a lungul trompei uterine către uter, unde va fi eliminat odată cu mucoasa uterină. În această situație, corpul galben *(menstrual)* are o viață scurtă, de doar 9-10 zile, el degenerând şi transformându-se în corp alb. Dacă corpul galben nu mai funcționează, scade concentrația de estrogeni şi progesteron, ceea ce induce dezintegrarea mucoasei uterine şi eliminarea ei, împreună cu sângele din vasele ce s-au dezvoltat la nivelul său, sub formă de *menstră*. Începutul menstrei marchează sfârşitul unui ciclu menstrual şi începutul altuia nou. Deoarece la începutul unui nou ciclu menstrual, nivelele de estrogeni şi progesteron sunt mici, secreția hipotalamică de GnRH se reia, ceea ce duce la creşterea secreției adenohipofizare de FSH şi LH. Consecutiv, un nou folicul ovarian îşi începe maturația. Sub acțiunea estrogenilor secretați de noul folicul, mucoasa uterină se reface şi începe din nou să se dezvolte.

Hormonii sexuali feminini nu infuențează numai dezvoltarea foliculilor ovarieni, ci determină şi apariția şi dezvoltarea *caracterelor sexuale secundare*: dezvoltarea sânilor, depunerea de țesut adipos la nivelul coapselor şi a feselor, dispoziția caracteristică a pilozității.

După pubertate, ciclul menstrual continuă până la aproximativ 40-50 de ani, după care începe să devină neregulat, urmând să dispară cu totul. Se instalează astfel *menopauza,* care este determinată în principal de *îmbătrânirea ovarelor*. Ca urmare a concentrației reduse de hormoni estrogeni, caracterele sexuale secundare feminine se schimbă: sânii, vaginul, uterul şi trompele uterine se micşorează, iar părul axilar şi pubian se subțiază. Se poate instala *osteoporoza* (pierderea masei osoase), iar pielea se subțiază. Aproximativ 50% din femeile la menopauză suferă de bufeuri (30s – 5 minute), o senzație de căldură, urmată de transpirație şi frisoane. Aceste schimbări sunt determinate de secreția

neregulată de GnRH, ca răspuns la cantitățile scăzute de hormoni sexuali feminini din sânge.

Vascularizația ovarului. Vascularizația arterială este asigurată de *arterele ovariene*, ramuri viscerale ale aortei abdominale, care abordează ovarul prin ligamentul suspensor şi *ramuri ovariene* ale arterelor uterine.
Sângele venos al ovarului este colectat de *vena ovariană dreaptă*, care se varsă în vena cavă inferioară, *vena ovariană stângă*, care se varsă în vena renală stângă şi *vena uterină*, tributară venei iliace interne.

CALEA GENITALĂ

Trompele uterine numite şi tube uterine sau oviducte, constitue prima porțiune a căii genitale, întinzându-se între ovar şi uter.
Trompa uterină are o lungime de 10-12 cm şi un diametru intern de numai 1-2 mm.
Trompele uterine sunt cuprinse în marginea superioară a ligamentului larg, numită *mezosalpinge*, prin care vasele de sânge, limfaticele şi nervii abordează organul.
Extremitatea laterală a trompei uterine, în formă de pâlnie, se numeşte *infundibul* şi se deschide în cavitatea peritoneală. Pereții infundibulului sunt adânc crestați, formând *fimbriile* trompei uterine care înconjoară ovarul. În momentul când ovulul este eliberat în cavitatea peritoneală, el este captat de trompa uterină, fiind condus apoi de-a lungul acesteia prin mişcări peristaltice până la uter (Fig. 10.8).
Extremitatea laterală, intrauterină, a trompei uterine este prevăzută cu un orificiu, numit *ostiul uterin*, cu deschidere în unghiul superior al cavității uterine.

Fecundația ovulului are loc în 1/3 laterală a trompei uterine. Ovulul fecundat (celula –ou) ajunge în uter după câteva zile, fixându-se (nidându-se) în mucoasa uterină special pregătită în acest scop.

!! Uneori implantarea zigotului se face la nivelul trompei uterine sau chiar în cavitatea peritoneală, determinând *sarcinile extrauterine* sau *ectopice*, care constituie urgențe medicale.

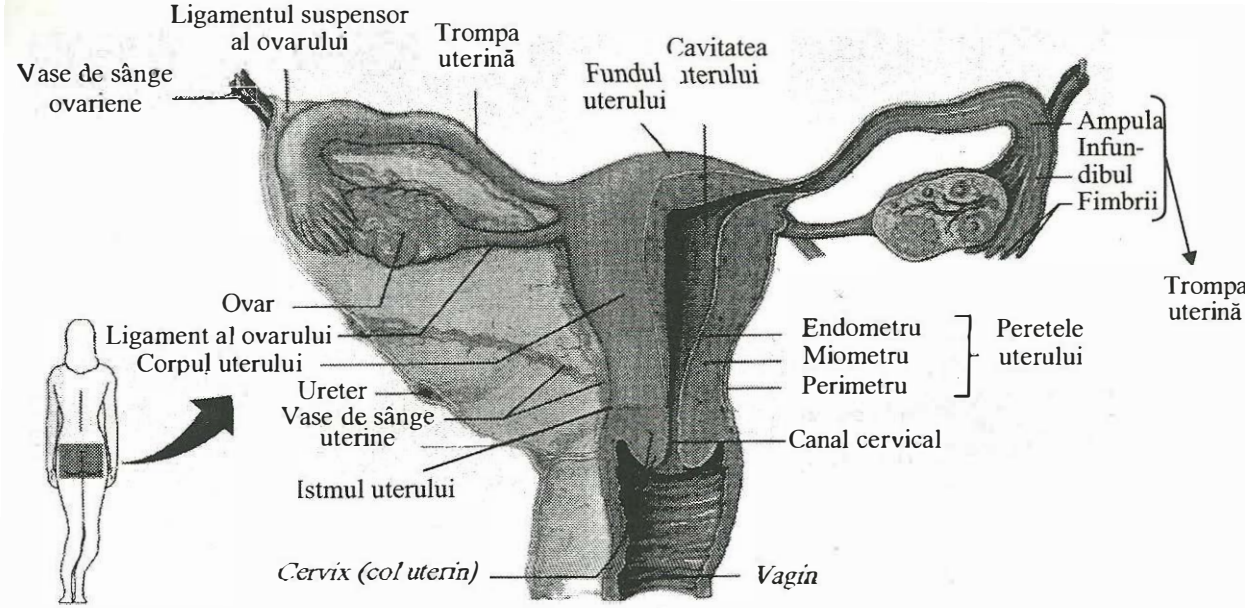


Figura 10.8. Calea genitală feminină (după Marieb, 1998).

Uterul constituie partea cea mai dezvoltată a căii genitale feminine. Este un organ musculo-cavitar şi nepereche, localizat între trompele uterine şi vagin (Fig. 10.8).

Uterul vine în raport anterior cu vezica urinară, peste care stă culcat în *anteflexie* şi posterior cu rectul. Uterului i se descriu *fundul* uterului (superior), de unde pleacă trompele uterine, *corpul* uterului şi *istmul* (inferior), care se continuă cu *colul uterin* sau *cervix-ul,* care proemină în vagin. La nivelul cervix-ului se găsesc *glandele cervicale,* secretoare de mucus, care astupă canalul cervical, împiedicând pătrunderea bacteriilor patogene din vagin.

!! *Cancerul de col uterin* este destul de frecvent la femeile între 35-50 de ani, iar factorii incriminați sunt: infecțiile cervicale, bolile cu transmisie sexuală şi naşterile multiple.

Structura peretelui uterin. Peretele uterin este format din trei straturi: (1) *perimetru* format din foița viscerală a peritoneului, (2) *miometru* - tunica musculară, stratul cel mai gros al peretelui uterin, format din fibre musculare netede, radiar-spiralate (intern) şi fibre circulare şi longitudinale (extern) şi (3) *endometru* sau *mucoasa uterină*, formată la rândul ei din două straturi celulare: stratul bazal intern, pe seama căruia se reface stratul funcțional, extern, care

suferă modificări ciclice lunare. În timpul menstrei, acest strat se elimină odată cu sângele menstrual.

Vaginul este un organ musculos şi cavitar, cu o lungime de aproximativ 7-8 cm şi un diametru de 3 cm. Vaginul se inseră pe colul uterin, mai sus în partea posterioară şi se deschide prin *orificiul vaginal* la nivelul vestibulului vaginal, posterior de orificiul urinar.
Vaginul vine în raport anterior cu fundul vezicii urinare şi uretra şi posterior cu rectul.

Mucoasa vaginală nu prezintă glande, lubrefierea sa se face de către glandele cervicale. Celulele mucoasei vaginale conţin mari cantităţi de *glicogen*, care va fi transformat anaerob în *acid lactic*. Acesta asigură un pH acid la nivelul vaginului, distrugând bacteriile patogene. În perioada ovulaţiei, pH-ul vaginal devine bazic, ceea ce favorizează supravieţuirea spermatozoizilor.

VULVA

Vulva reprezintă *organul genital feminin extern*. Ea este formată din două cute perechi ale tegumentului, numite labii: *labiile mari* sunt dispuse lateral şi *labiile mici* sunt dispuse medial.
Labiile mici delimitează un spaţiu numit *vestibul,* la nivelul căruia se deschid *glandele vestibulare mari* (Bartholin), echivalente cu gladele bulbouretrale de la masculi. În partea anterioară a vestibulului, între cele două labii mici se găseşte *clitoris*-ul, format ca şi penisul din ţesut erectil.
În timpul stimulării sexuale, *fibrele vegetative parasimpatice* determină dilatarea vaselor de sânge de la nivelul ţesutului erectil ai clitoris-ului şi din jurul orificiului vaginal, cu creşterea lor de volum. Dacă stimularea sexuală este destul de intensă, fibrele parasimpatice activează glandele Bartholin care secretă mucus la nivelul vestibulului. Această secreţie lubrefiază ţesuturile de la nivelul vestibulului şi al orificiului vaginal, facilitând pătrunderea penisului în vagin. Secreţia de mucus menţinută pe durata actului sexual împiedică lezarea mucoasei vaginale. Punctul culminat al stimulării sexuale este *orgasmul*. El este însoţit de o serie de reflexe nervoase ce determină contracţia ritmică a muşchilor pelvieni, uterini şi ai trompelor uterine. Aceste contracţii vor facilita deplasarea spermatozoizilor către trompa uterină. După orgasm, fluxul de sânge la nivelul ţesutului erectil scade, iar muşchii se relaxează.

BIBLIOGRAFIE

1. Arseni C, Popoviciu L, 1984. *Metode de neurofiziologie clinică*, Editura Medicală.
2. Audesirk G, Audesirk T, 1989. *Biology: Life on Earth*, Macmillan Publishing Company, New York.
3. Bear MF, Connors BW, Paradiso MA, 2001. *Neuroscience,* Lippincott Williams & Wilkins.
4. Despopoulos A, Silbernagl S, 1991. *Color Atlas of Physiology*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, Thieme Medical Publishers, Inc., New York.
5. Dorofteiu M, 1989. *Mecanismele homeostaziei sanguine*, Editura Dacia.
6. Haulică I, 1999. *Fiziologie umană*, Editura Medicală.
7. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, 1995. *Essentials of Neural Science and Behaviour*, Appleton Lange, Stamford, Conneticut.
8. Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, 2000. *Principles of Neural Science*, McGraw-Hill Companies, Inc.
9. Marieb E, 1998. *Human Anatomy & Physiology*, Addison-Wesley.
10. Netter FH, 1997. *Atlas of Human Anatomy*, Icon Learning Systems.
11. Ranga V, 1990. *Tratat de anatomia omului*, Editura Medicală.
12. Ranga V, Teodorescu Exarcu I, 1970. *Anatomia şi Fiziologia omului*, Editura Medicală, Bucureşti.
13. Ristoiu V, Mihaela Marcu-Lapadat, 2004. *Elemente de anatomie şi fiziologie*, Editura Universităţii din Bucureşti.
14. Seeley RR, Stephens TD, Tate P, 1992. *Anatomy & Physiology*, Mosby Year Book, Inc.
15. Shier D, Butler J, Lewis R, 1999. *Human Anatomy & Physiology*, McGraw-Hill Companies, Inc.
16. Starr C, Taggart R, 1992. *Biology: the unity and diversity of life*, Wadsworth Publishing Company, Belmont, California.
17. Strungaru G, Pop M, Hefco V, 1983. *Fiziologie animală*, Editura Didactică şi Pedagogică, Bucureşti.
18. Teodorescu Exarcu I, Badiu G, 1993. *Fiziologie*, Editura Medicală.
19. Van de Graaff K, 2000. *Human Anatomy*, McGraw-Hill Companies, Inc.
20. Van de Graaff K, Fox SI, 1995. *Concepts of Human Anatomy & Physiology*, Wm. C. Brown Publishers.
21. Van de Graaff K, Fox SI, 1999. *Concepts of Human Anatomy & Physiology*, McGraw-Hill Companies, Inc.

VERIFICAT 2006